



**KATI ATIK AKTARMA İSTASYONLARINDA YAŞAM
DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ: BURSA BATI
BÖLGESİ ÖRNEĞİ**

Burak ÖNER



T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**KATI ATIK AKTARMA İSTASYONLARINDA YAŞAM DÖNGÜSÜ
DEĞERLENDİRMESİ: BURSA BATI BÖLGESİ ÖRNEĞİ**

Burak ÖNER

Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÇALIŞKAN ELEREN
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2019

TEZ ONAYI

Burak ÖNER tarafından hazırlanan "KATI ATIK AKTARMA İSTASYONLARINDA YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ: BURSA BATI BÖLGESİ ÖRNEĞİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÇALIŞKAN ELEREN

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÇALIŞKAN ELEREN
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza


Üye : Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU
Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik
Fakültesi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

İmza


Üye : Dr. Öğr. Üyesi Saadet HACISALİHOĞLU
Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa
Bilimleri Fakültesi, Çevre Mühendisliği
Anabilim Dalı

İmza


Yukarıdaki sonucu onaylarım


Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN
Enstitü Müdürü

22.09.2019

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

beyan ederim.

21/05/2019

Burak ÖNER

ÖZET

Yüksek Lisans

KATI ATIK AKTARMA İSTASYONLARINDA YAŞAM DÖNGÜSÜ DEĞERLENDİRMESİ: BURSA BATI BÖLGESİ ÖRNEĞİ

Burak Öner

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÇALIŞKAN ELEREN

Aktarma istasyonlarının, kentsel katı atık yönetimine entegrasyonunun öncelikli amacı, evsel atıkların bertaraf tesislerine taşıma maliyetini azaltmaktır. Bunun yanı sıra aktarma istasyonlarının kurulması ile araçlara bağlı hava emisyonları düşürülmekte, yakıt tasarrufu sağlanmakta, trafik yükü ortadan kaldırılmakta ve araç bakım onarım maliyetleri düşmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, Bursa Mustafakemalpaşa ilçesi sınırlarında yer alan Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu'nun hizmet ettiği ilçelerden evsel nitelikli katı atıkların toplanma ve taşınması, aktarma istasyonun işletimi ve atıkların nihai depolama alanına aktarılması işlemi sırasında oluşabilecek çevresel yükleri Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) ile değerlendirmektir. Çalışma YDA ile bir yıllık toplam aktarma istasyonuna getirilen ve aktarılan katı atık miktarı ile gerçekleştirilmiştir. SimaPro yazılımı ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metotları kullanılarak aktarma istasyonunun mevcut hali ile işletilmesi (Mevcut), aktarma istasyonunun olmaması (Senaryo 1) ve aktarma istasyonunun farklı konumda olması (Senaryo 2) durumlarının insan sağlığı, çevre sağlığı ve kaynak kullanımı üzerinde etkileri karşılaştırılıp, en uygun senaryo belirlenmiştir. ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metotları benzer sonuçlar vermiş olup, aktarma istasyonunun mevcut işletilmesi halinde Karacabey ilçesinin, Senaryo 1 ve Senaryo 2 durumlarında ise Mustafakemalpaşa ilçesinin çevre sağlığına, insan sağlığına ve kaynak kullanımına zararının daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. ReCipe Endpoint metoduna göre Senaryo 1 mevcut durum ile karşılaştırıldığında insan sağlığı, ekosistem sağlığı ve kaynak kullanımına etkileri sırası ile %193,33, %200,47 ve %201,38'lik etki artışına neden olmuştur. Senaryo 2 durumunda ise insan sağlığına, ekosistem sağlığına ve kaynak kullanımına etkileri ise sırasıyla %2,80, %2,37 ve %2,56 oranında azalma göstermiştir. TRACI 2 metoduna göre senaryolar mevcut durum ile karşılaştırıldığında, Senaryo 1 insan ve çevre sağlığı üzerinde %204 oranında artışa neden olurken, Senaryo 2 durumunda %2,35 oranında azalma görülmüştür. Senaryo 1 mevcut durum ile karşılaştırıldığında, TRACI 2 metodunda yer alan, çevre ve insan sağlığını etkileyen SO₂, CO, VOC, CO₂, NO_x, CH₄ ve PM₁₀'u içeren toplam kirletici miktarında 26 598,04 g artışa neden olurken, bu miktar Senaryo 2 durumunda ise 244,87 g azalış göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yaşam döngüsü analizi, ReCipe Endpoint, TRACI 2, aktarma istasyonu, evsel katı atık, toplama ve taşıma

2019, ix + 88 sayfa

ABSTRACT

MSc

LIFE CYCLE ASSESSMENT IN SOLID WASTE TRANSFER STATIONS: A CASE STUDY FOR WESTERN REGION OF BURSA CITY

Burak ÖNER

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Environmental Engineering

Supervisor: Dr. Asst. Prof. Sevil ÇALIŞKAN ELEREN

The initial purpose of entegration of transfer stations into urban solid waste management is to decrease the transportation costs of domestic wastes to disposal facilities. Moreover, the establishment of transfer stations enables the decrease of air emissions related to vehicles, fuel saving, elimination of traffic load and the decrease of vehicle maintenance and repair costs. The main objective of this study is to evaluate potential environmental loads which can be caused during the process of collection and transport of domestic solid waste from districts under the service of Bursa Western Region Solid Waste Transfer Station located within the borders of Mustafakemalpaşa district, transfer station process and transport of wastes landfill with Life Cycle Analysis (LCA). This study has been done upon the annual total amount of solid waste which was transport to the transfer station by LCA. The most appropriate scenario has been determined by comparing the effects of present management of transfer station (Present), the absence of the station (Scenario 1) and different location of the station (Scenario 2) upon human, environmental health and resource utilization with SimaPro software ReCipe Endpoint and TRACI 2 methods. ReCipe Endpoint and TRACI 2 methods have given similar results. According to these results it occur that the damage to environmental health, human health and resource utilization is more in Karacabey district in the process of present management. In the process of Scenario 1 and Scenario 2, the damage to environmental health, human health and resource utilization is more in Mustafakemalpaşa district. In consideration ReCipe Endpoint method, Scenario 1 has caused 193.33%, 200.47% and 201.38% increase in human health, ecosystem health and resource utilization respectively compared to the present situation. On the other hand, in Scenario 2 the decrease rate of damage to human health, ecosystem health and resource utilization is 2.80%, 2.37% and 2.56% respectively. TRACI 2 method, Scenario 1 has caused 204% increase in human and environment health while Scenario 2 has caused 2.35% decrease compared to the present situation. Scenario 1 has caused 26 598,04 g in the total amounts of pollutants in TRACI 2, including SO₂, CO, VOC, CO₂, NO_x, CH₄ and PM₁₀ which has an effect on human and environment health while this amount has decreased as 244,87 g in Scenario 2 compared to present situation.

Key words: Life cycle analysis, ReCipe Endpoint, TRACI 2, transfer station, municipal solid waste, collection and transport

2019, ix + 88 pages

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimi boyunca öncelikle maddi manevi desteklerini esirgemeyen ailem başta olmak üzere engin bilgi ve birikimlerini esirgemeyen saygı değer hocalarımdan danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Sevil ÇALIŞKAN ELEREN'e, sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bölümümüzde görev yapmakta olan, eğitim ve öğretim hayatımda etkisi olan öğretim üyelerine, bilgilerini ve desteklerini esirgemeyen Doç. Dr. Nezh Kamil SALİHOĞLU'na ve Prof. Dr. Güray SALİHOĞLU'na en içten teşekkürlerimi sunuyorum.

İş hayatında görev yapmakta olduğum Bursa Batı Bölgesi Katı Aktarma İstasyonu'nda yetkileri olan Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı personellerine teşekkür ediyorum.

Burak ÖNER

21/05/2019

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI	3
2.1. Atık Yönetimi	3
2.2. Aktarma İstasyonları	5
2.2.1. Aktarma İstasyonlarında Yer Seçimi	7
2.2.2. Aktarma İstasyonlarının Planlanması ve Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi	8
2.3. Yaşam Döngüsü Analizi	8
2.4. Katı Atık Yönetimi ve YDA Çalışmaları ile İlgili Literatür Çalışmaları.....	10
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Çalışma Alanı.....	14
3.1.1. İlçe Belediyeler	14
3.1.2. Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu.....	18
3.2. Yöntem.....	25
3.2.1. ReCipe Endpoint (H) V.1.13 Metodu	28
3.2.2. TRACI 2 Metodu	29
3.2.3. Yaşam Döngüsü Envanter Analizi.....	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	31
4.1. Karacabey ve Mustafakemalpaşa İlçelerinin Katı Atık Yönetimi	31
4.2. Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu İşletimi	37
4.3. Aktarma İstasyonunun Mevcut Durumda İşletilmesi Halinde Oluşan Etkiler.....	45
4.4. Aktarma İstasyonu Olmaması Durumunda (Senaryo 1) Oluşan Etkiler.....	53
4.5. Aktarma İstasyonunun Farklı Konumda Olması Durumunda (Senaryo 2) Oluşan Etkiler.....	58
4.6. Senaryoların Değerlendirilmesi	63
4.6.1. ReCipe Endpoint Metoduna Göre Etki Değerlendirmesi	65
4.6.2. TRACI 2 Metoduna Göre Etki Değerlendirmesi	70
5. SONUÇ	79
KAYNAKLAR	84
ÖZGEÇMİŞ	88

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

Açıklama

m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
%	Yüzde
kg	Kilogram
kBq	Kilobecquerel
g	Gram
°C	Santigrat Derece
km	Kilometre
kWh	Kilovat saat
DALY	Yeti Kaybı Yılı ve Kaybedilen Yaşam Yılı Toplamı
Species.yr	Bilinen Türlerin Yok Olması için Geçen Süre
\$	Dolar (Para Birimi)
CTUe	Tatlı Su Toksikitesi Etkileri
CTUh	İnsan Toksikitesi Etkileri
PM ₁₀	Partikül Madde 10
SO ₂	Kükürt Dioksit
CO	Karbon Monooksit
CO ₂	Karbon Dioksit
NO _x	Azot Oksit
VOC	Uçucu Organik Karbon
⁶⁰ Co	Kobalt-60
PM _{2,5}	Partikül Madde 2,5
CFC-11	Kloroflorokarbon-11
1,4-DCB	1,4-diklorobenzen

Kısaltmalar

Açıklama

YDA	Yaşam Döngüsü Analizi
YDED	Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesinde
AHS	Analitik Hiyerarşi Süreci
AAS	Analitik Ağ Süreci
BUSKİ	Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi
TUİK	Türkiye İstatistik Kurumu
EPA	United States Environmental Protection Agency (Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1. Yaşam döngüsü aşamaları.....	9
Şekil 3.1. Mustafakemalpaşa ilçesi sınırları.....	15
Şekil 3.2. Karacabey ilçesi sınırları.....	16
Şekil 3.3. Karacabey ve Mustafakemalpaşa ilçelerinin nüfuslarının Bursa ili nüfusu içindeki dağılımı.....	17
Şekil 3.4. İlçe belediyelerde evsel nitelikli atıkların taşınmasında kullanılan araçlar	18
Şekil 3.5. Aktarma istasyonu iş akış şeması	20
Şekil 3.6. Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu	22
Şekil 3.7. Evsel atık aktarma işleminde kullanılan semitreyle ve sızıntı suyu aktarma işleminde kullanılan vidanjör	23
Şekil 3.8. Bursa ilçelerinin düzenli depolama tesisine uzaklıkları.....	24
Şekil 3.9. Mevcut durum sistem sınırları	26
Şekil 3.10. Düzenli depolama tesisi (1), aktarma istasyonu (2), Karacabey (3) ve Mustafakemalpaşa (4) ilçelerinin konumu	26
Şekil 3.11. Senaryo 1 sistem sınırları	27
Şekil 3.12. Alternatif aktarma istasyonu (1), düzenli depolama tesisi (2), Mustafakemalpaşa (3) ve Karacabey (4) ilçeleri konumu	28
Şekil 3.13. ReCipe Endpoint analiz metodu sonuç yolu.....	29
Şekil 4.1. İlçe belediyelerde oluşan günlük ortalama katı atık miktarı.....	35
Şekil 4.2. Karacabey ilçesi sıcaklık ile aylık atık miktarı arasındaki ilişki.....	35
Şekil 4.3. Mustafakemalpaşa ilçesi sıcaklık ile aylık atık miktarı arasındaki ilişki.....	36
Şekil 4.4. Ekipman kapasiteleri belirtilen araçların aktarma istasyonuna gerçekleştirdikleri sefer sayıları	37
Şekil 4.5. Aktarma istasyonundan (2) Yenikent Düzenli Depolama Tesisine (1) gidecek olan araçların rota haritası.....	38
Şekil 4.6. Aktarma istasyonundan (3) Yenikent Düzenli Depolama Tesisine (1) gidecek olan araçların alternatif rota haritası	38
Şekil 4.7. Atık miktarına bağlı olarak oluşan sızıntı suyu miktarı.....	41
Şekil 4.8. Araçların atık miktarına bağlı olarak harcadıkları yakıt miktarı	42
Şekil 4.9. Mevcut durum için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)	49
Şekil 4.10. Mevcut durum için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2).....	51
Şekil 4.11. Mevcut durum için kirletici miktarları (TRACI 2).....	52
Şekil 4.12. Senaryo 1 için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)	55
Şekil 4.13. Senaryo 1 için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)	57
Şekil 4.14. Senaryo 1 için kirletici kimyasal ve organik kirletici miktarları (TRACI 2).....	57
Şekil 4.15. Senaryo 2 için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)	60
Şekil 4.16. Senaryo 2 için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)	62
Şekil 4.17. Senaryo 2 için kirletici kimyasal ve organik kirletici miktarları (TRACI 2).....	63
Şekil 4.18. Mevcut durum ve senaryolarda ton başına kat edilen mesafe envanter verileri	64
Şekil 4.19. Mevcut durum ve senaryolarda ton başına yakıt envanter verileri	64

Şekil 4.20. Mevcut durum ve senaryoların insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint).....	66
Şekil 4.21. İlçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin zarar artış azalış oranları (%) (ReCipe Endpoint) a-Senaryo 1, b-Senaryo 2	69
Şekil 4.22. Mevcut durum ve iki farklı senaryonun insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2).....	71
Şekil 4.23. İlçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin zarar artış azalış oranları (%) (TRACI 2) a-Senaryo 1, b-Senaryo 2	73
Şekil 4.24. Mevcut durum ve iki farklı senaryo için oluşan kirletici miktarları(TRACI 2)	75
Şekil 4.25. İlçe belediyelerden ve aktarma istasyonu-aktarma işleminden kaynaklı kirletici artış azalış oranları (%) (TRACI 2) a-Senaryo 1, b-Senaryo 2.....	76



ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Mustafakemalpaşa ilçesi atık bileşeni.....	14
Çizelge 3.2. Karacabey ilçesi atık bileşeni	16
Çizelge 3.3. Aktarma istasyonuna ait genel bilgiler	24
Çizelge 4.1. İlçe belediyelerin atık yönetimi genel bilgileri ve envanter verileri.....	34
Çizelge 4.2. İlçe belediyelerin evsel atık yönetimi, toplama taşıma sektörü bilgileri	36
Çizelge 4.3. Atık aktarma işlemi ve envanter verileri.....	40
Çizelge 4.4. Aktarma istasyonunun işletilmesinde ve araçların bakımlarında kullanılan kaynakların ton başına envanter verileri	42
Çizelge 4.5. Dizel yakıt kullanımın yaşam döngüsü envanteri (g/kg dizel)	44
Çizelge 4.6. 1 kWh Elektrik Kullanımının Yaşam Döngüsü Envanteri	45
Çizelge 4.7. DALY, species.yr ve \$ eşdeğer birimleri (Huijbregts ve ark. 2016)	46
Çizelge 4.8. Mevcut durum için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)	48
Çizelge 4.9. Mevcut durum için insan ve çevre sağlığına etkileri (TRACI 2).....	51
Çizelge 4.10. Mevcut durum için kirletici kimyasal ve organik kirletici miktarları (TRACI 2)	52
Çizelge 4.11. Senaryo 1 için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)	53
Çizelge 4.12. Senaryo 1 için ilçelerin toplama ve taşıma araçlarının kat ettikleri yol uzunluğu ve yakıt miktarı bilgileri.....	54
Çizelge 4.13. Senaryo 1 için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)	56
Çizelge 4.14. Senaryo 1 için kirletici kimyasal ve organik kirletici miktarları (TRACI 2)	57
Çizelge 4.15. Aktarma istasyonunun farklı konumda olması durumunda envanter verileri	58
Çizelge 4.16. Senaryo 2 için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)	59
Çizelge 4.17. Senaryo 2 için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)	61
Çizelge 4.18. Senaryo 2 için kirletici kimyasal ve organik kirletici miktarları (TRACI 2)	62
Çizelge 4.19. Mevcut durum ve senaryoların insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri(ReCipe Endpoint).....	65
Çizelge 4.20. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için etki artış azalış oranları (%) (ReCipe Endpoint).....	68
Çizelge 4.21. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin etki artış azalış oranları (%) (ReCipe Endpoint)	68
Çizelge 4.22. Senaryo 1 ve Senaryo 2 toplam etkilerin artış ve azalış oranları (%) (ReCipe Endpoint)	70
Çizelge 4.23. Mevcut durum ve iki farklı senaryo için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI).....	71
Çizelge 4.24. Kompost üretimi çevresel emisyon etkileri(TRACI 2).....	72
Çizelge 4.25. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin etki artış azalış oranları (%) (TRACI 2).....	72
Çizelge 4.26. Senaryo 1 ve Senaryo 2 toplam etki artış ve azalış oranları (%) (TRACI 2)	74

Çizelge 4.27. Mevcut durum ve iki senaryo için oluşan kirletici miktarları (TRACI 2)	74
Çizelge 4.28. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminden kaynaklı kirletici artış azalış oranları (%) (TRACI 2).....	76
Çizelge 4.29. Senaryo 1 ve Senaryo 2 toplam kirletici artış ve azalış miktarları (g) (TRACI 2).....	77



1. GİRİŞ

Nüfusun hızlı artışına ve değişen yaşam standartlarına bağlı olarak evsel nitelikli katı atık hacmi artmakta ve karakterizasyonu değişmektedir. Katı atıkların su ve toprak gibi çevresel ortamlarda çeşitli zararlı etkilerinin yanı sıra verimli alanların düzenli depolama alanı olarak kullanılması ve iyi işletilmeyen bir atık yönetimi çevre ve halk sağlığına zarar verebilir. Katı atıkların oluşturduğu kirlilik ve buna bağlı potansiyel risklerinin artmasından dolayı günümüzde evsel nitelikli katı atık yönetimi gittikçe önem kazanmaktadır (Herva ve ark. 2014). Katı atık yönetimi, halk ve çevre sağlığı düşünüldüğünde bir belediye yönetiminin en önemli işlevlerinden biridir. (Wilson ve ark. 2015).

Temiz ve sürdürülebilir bir şehir, estetik açıdan bir vitrin görevi görmekle birlikte toplumda yaşayan insanlar için yüksek yaşam kalitesi sunmaktadır. Evsel katı atık yönetimi iyi bir şekilde organize edilmediğinde çevre ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Gelişmiş ülkelerde atık yönetiminde çevre ve insan sağlığını tehlikeye sokmayacak şekilde düzenlemeler oluşturulmuştur (Soni ve ark. 2016, Rodrigues ve ark. 2018). Atık hiyerarşisi, Avrupa Komisyonu Atık Çerçeve Direktifinde (2008/98/EC) öncelik sırasıyla atık önleme, tekrar kullanım, geri dönüşüm, geri kazanım ve bertaraf olarak belirlemiştir (Anonim 2008).

Türkiye genelinde TUİK 2014 verilerine bakıldığında; 2014 yılında 28 milyon ton atık oluşumu görülmektedir. Evsel nitelikli atık toplama ve taşıma hizmeti verilen belediyelerde toplanan 28 milyon ton atığın, %63,5'i düzenli depolama tesislerine, %35,5'i vahşi depolama alanlarına, %0,5'i kompost tesislerine gönderilmiş, %0,5'i ise diğer yöntemler ile bertaraf edilmiştir. Bu veriler göz önüne alındığında evsel atıkların bertaraf ve geri kazanım konularında yetersiz olduğu anlaşılmaktadır (Anonim 2014).

Toplama ve taşıma atık yönetiminin en önemli unsurlarından biridir. Yerel yönetimler tarafından farklı şekilde oluşturulan toplama ve taşıma sistemleri, verimlilik odaklı önerilerin formülasyonunu mümkün kılmak için yerel sınır koşullarını dikkate alarak oluşturulmalıdır. Bu yüzden, birim atık başına toplama süresi, birim atık başına toplama

aracının aldığı mesafe, atık toplama araçlarının büyüklüğü, atık toplama birim maliyeti göz önünde bulundurulmalıdır (Schulte ve ark. 2017).

Avrupa Mevzuatı atıkların kaynağında ayrıştırılması ile birlikte yüksek oranda geri dönüşüm hedefleri getirmektedir. Belirlenen hedefler ile birlikte atık yönetim planı içerisinde yer alan toplama ve taşıma sürecinde daha az iş gücü, akaryakıt giderleri ve rota sayısında azalış meydana gelecektir (Teixeira ve ark. 2014).

Atık yönetiminin temel bileşenlerinden atık toplama ve taşıma sürecinde enerjinin korunması, yakıt maliyetlerinin azaltılması ve diğer çevresel boyutlar birlikte düşünüldüğünde katı atık aktarma istasyonları kurulması ön görülmektedir. Aktarma istasyonları, evsel katı atık yönetimi verimliliğini arttırmak için nihai depolama alanları ve katı atık üretim yerleri arasındaki tesisler olup, yerel yönetimler için evsel atık toplama taşıma sisteminin vazgeçilmez unsurlarından biri olabilmektedir (Yadav ve ark. 2016).

Bu çalışmanın temel amacı, Bursa Mustafakemalpaşa ilçesi sınırlarında yer alan ilin tek aktarma istasyonu olan Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu'nun hizmet ettiği ilçelerden evsel nitelikli katı atıkların toplanma ve taşınması, aktarma istasyonun işletimi ve atıkların nihai depolama alanına aktarılması işlemi sırasında oluşabilecek çevresel yükleri 1 ton evsel nitelikli katı atık üzerinden Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) ile değerlendirmektir. Çalışma, Ekim 2016-Eylül 2017 tarihleri arasında toplanan ve aktarılan evsel nitelikli katı atık miktarı göz önünde bulundurularak oluşturulmuştur. SimaPro yazılımı ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metotları kullanılarak aktarma istasyonunun mevcut hali ile işletilmesi durumu (Mevcut), iki farklı senaryo; aktarma istasyonunun olmaması durumu (Senaryo 1) ve aktarma istasyonunun farklı konumda olması durumu (Senaryo 2) ile insan sağlığı, çevre sağlığı ve kaynak kullanımı üzerinde etkileri karşılaştırılarak en uygun yöntem belirlenmiştir. Şu an faaliyette olan aktarma istasyonunun önemi vurgulanarak, Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı tarafından doğu, kuzey ve güney bölgelerine kurulması planlanan diğer aktarma istasyonlarının da faaliyete geçirilmesi için çalışmaların hızlandırılması gerekliliği ortaya konmuştur.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Atık Yönetimi

Dünya genelinde kırsal alanlardan şehir merkezlerine gerçekleşen nüfus göçü, endüstriyel kalkınma ve teknolojinin ilerlemesi ile birlikte ekonomik ve çevresel problemlere neden olan katı atık oluşumu miktarı da önemli derecede artış göstermektedir. Evsel nitelikli katı atıklar her türlü faaliyet sonrası insan kaynaklı, ilk kullanıcı için herhangi bir değer taşımayan, yönetimi sistematik bir çalıştırma gerektiren atıklardır. Atığı oluşturan fraksiyonun, bölgesel çalışmalarda yapılan araştırmalara göre farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır. Evsel nitelikli atıkların bileşenleri, tüketicilerin ekonomik gelişmişliklerine, yaşam biçimlerine ve bölgede bulunan sanayi durumuna göre değişmektedir. Evsel nitelikli katı atıklar mutfak çöpu, ambalaj atığı, bez, şişe, boya kutusu ve pil gibi ürünlerden oluşan organik ve organik olmayan fraksiyonlar şeklinde sınıflandırabilir (Jouhara ve ark. 2017, Moya ve ark. 2017, Ramachandra ve ark. 2018).

Etkili bir katı atık yönetimi, yeryüzüne olabilecek çevresel zararları minimum düzeye çekebilecek, toplanması, taşınması, işlenmesi, geri kazanılması ve izlenmesi gibi faaliyetleri içeren konuma, demografik özelliklere ve uluslara göre farklılık gösteren disiplinler arası çalışmadır (Kayakutlu ve ark. 2017). Bölgesel idari çalışmalarda atık geri kazanımı ya da bertarafı alternatiflerinin farklılık gösterdiği ortaya çıkmıştır (Poon ve ark. 2012).

Yerel yönetimler tarafından gerçekleştirilen atık yönetimi, toplumun tutum ve davranışlarının göz önünde bulundurulduğu, insan ve çevre sağlığı düşünülerek, kaynakların korunumuna yönelik sistematik çalışmalar bütünüdür. Yerel yönetimlerce oluşturulan, risk ve sorunları açıkça belirlemeyen çevre politikalarının, toplum tarafından kabul görmemesi atık yönetiminde karşılaşılan sosyal problemlerden biridir. Bu politikaların kabul görmemesinin temel nedeni kamu kuruluşlarının potansiyel riskleri göz önünde bulundurmadan sadece maliyet odaklı çalışmalarından kaynaklanmaktadır (Kirkman ve Voulvoulis 2016). Atık yönetimi için belirlenen

politikalar, hitap edeceği bölgenin sosyo-ekonomik durumu ön planda tutularak, kabul edilebilirliği kolay ve etkili yöntemler olması gerekir.

Evsel nitelikli katı atık üretimi, aile bireylerinin sayısı, ekonomik düzeyleri ve ekonomik gelirleri ile orantılıdır. Bireylerin sahip olduğu bilinçli davranışlar, atık oluşumunun önlenmesi ya da azaltılması ve kaynağında ayrıştırılması ile atık yönetimine katkıda bulunulabilir. Katı atık yönetimi, pozitif yönde etkileyecek olan kaynağında ayrıştırmanın uygulanabilirliği, belediyelerin bölge halkının sosyo-ekonomik durumları düşünülerek yapacakları politikalar, ceza ve ödül yöntemlerinin belirlenmesi ve halkın vereceği geri bildirimler ile şekillendirilmelidir (Guerrero ve ark. 2012).

Entegre katı atık yönetimi ise insan ve çevre sağlığı için bölgesel ihtiyaçları ve durumları değerlendirme ve en uygun katı atık yönetimini belirleme konularını kapsamaktadır. Entegre katı atık yönetimi, menfaatler ve ihtiyaçlar birlikte düşünülmüş olup, yerel bir içerik oluşturularak (teknik açıdan; atık karakterizasyonu, kültürel açıdan; ekonomik, politik, sosyal, çevresel ve kurumsal) ve en uygun kombinasyon belirlenerek tasarlanmalıdır (Marshall ve ark. 2013).

Entegre katı atık yönetimi, atık yönetim hiyerarşisi göz önünde bulundurulduğunda; atık oluşumun azaltılması, atıkların kaynağında ayrı olarak toplanması, ara depolanması, aktarma istasyonları oluşturulması, taşınması, ülke ekonomisine geri kazanılması, nihai bertarafı, tesislerin işletme koşullarına göre işletilmesi, izleme ve kontrolünü içeren bir yönetim biçimidir (Erdoğan 2012).

Verimli bir entegre katı atık yönetiminin içereceği hususlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

a. Sistemsel açıdan bütüncül olmalı;

Katı atık yönetimi, hizmet edeceği toplumda meydana gelen atıkların bileşimi ve üretim yerleri düşünülerek planlanmalıdır.

b. Ekonomik katkı sağlamalı;

Katı atık yönetim sisteminden kazanılması planlanan ekonomik değerler; geri kazanabilir malzemeler, kompost, düzenli depolama tesislerinden ve anaerobik kompostdan elde edilecek olan biyogazdır. Bu girdilerden elde edilecek olan ekonomik değer piyasa şartları ve yatırım maliyetleri ile yakından ilgilidir. Bu sebeple planlama aşamasında ekonomik analizin çok iyi yapılması gereklidir.

c. Koşullara uygun olmalı;

Katı atık yönetim sistemi değişen hayat şartlarına ve zamana bağlı olarak oluşabilecek değişikliklere olabildiğince uygun olmalıdır.

d. Bölgesel planlama yapılmalı;

Toplanan ve taşınan katı atık miktarının büyüklüğü, planlamanın o oranda verimli olmasını sağlamaktadır. Atık oluşum miktarı ise öncelikle nüfusa bağlıdır. Bu sebeple şehirler dışındaki planlamalarda daha büyük bölgesel planlamalar yapılmalıdır. (Kemirtlek 2015).

2.2. Aktarma İstasyonları

Aktarma istasyonları, düzenli depolama sahası veya malzeme geri kazanım tesisi gibi nihai bertaraf alanına aktarılmak için evsel katı atıklar, küçük boyuttaki atık toplama ve taşıma araçlarından daha büyük nakliye araçlarına boşaltıldıkları modern katı atık yönetim sistemlerinin önemli bileşenlerinden biridir (Washburn 2011). Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı (EPA) aktarma istasyonlarının kurulmasının tercih edilmesini öncelikle, atıkların bertaraf tesislerine taşıma maliyetini azaltmak olarak göstermektedir. Bunun yanı sıra aktarma istasyonlarının kurulması ile birlikte araçlara bağlı olarak hava emisyonları düşürülmekte, yakıt tasarrufu sağlanmakta, trafik yükü ortadan kaldırılmakta ve araç bakım onarım maliyetleri düşmektedir. Ayrıca aktarma istasyonları, bertaraf öncesi atıkları izleme olanağı, atık bertaraf yöntemlerinin belirlenmesi ve yerel yönetimler için kolay hizmet verme imkânı sağlamaktadırlar (Anonim 2002).

Atık Yönetimi Yönetmeliği, İkinci Bölüm, Genel ilkeler bölümü (u) bendinde; “Belediye atıklarının taşınmasının ekonomik olmasının sağlanması amacıyla taşıma hattında trafik yüküne neden olmayacak şekilde çevresel önlemler alınarak uygun yerlerde aktarma istasyonları kurulabilir. Bu istasyonlarda toplanan atıkların atık işleme tesislerine taşınması sağlanır. Aktarma istasyonlarının koku, toz, gürültü ve görünüş yönünden çevreyi kirletmemesi için, boşaltma işleminin yapıldığı yerlerin, kapalı olarak inşa edilmesi zorunludur.” şeklinde ifade edilmiştir. Benzer şekilde belediyelerin görev ve sorumlulukları bölümü, Büyükşehir belediyeleri sorumlulukları (d) bendinde ise “Yönetiminden sorumlu olduğu atıkların yetkili olmayan kişiler tarafından aktarma istasyonundan taşınmasını ve işlenmesini önlemek amacıyla gerekli tedbirleri almakla sorumludur.” olarak tanımlanmaktadır (Anonim 2015c).

Bir aktarma istasyonu planlanırken birçok önemli husus göz önünde bulundurulmalıdır. Tesislerin planlamasından yer seçimine kadar birçok konuda önemli maddi yatırımlar söz konusu olabilir. Çoğunlukla evsel katı atıkların kabul edildiği aktarma istasyonlarının aksine bazıları geri dönüşüm/kazanım hedefleri oluşturmak için belirli atıkların kabulüne dayalı olarak programlar oluşturabilmektedir (Anonim 2002).

Aktarma istasyonlarında kullanılan elektrik, doğalgaz ya da akaryakıt gibi enerji kaynakları ile çalışan tüm ekipmanlar çevresel zararlara neden olan sürecin parçalarıdır. Tüm bu unsurlar göz önünde bulundurulduğunda çevresel etkileri daha düşük düzeyde olan aktarma istasyonlarının seçimi faydalı olacaktır (Eisted ve ark., 2009).

Aktarma istasyonlarında toplama ve taşıma araçlarının hacimce daha büyük olan araçlara aktarım işleminin yapıldığı kapalı alan, idari ofis ve yemekhane gibi yapılar yer almaktadır. Nihai bertaraf alanı ile üretici bölge arasında bulunan, evsel nitelikteki atıkların izleme ve kontrol aşamalarından geçebilmesi açısından farklı dizayn kriterlerine sahip aktarma istasyonları kullanılabilir (Anonim 1997). Toplama ve taşıma araçlarının, üstü açık semitreylere doğrudan boşaltma işlemi basit olmasından dolayı en çok tercih edilen sistemlerdir. (Anonim 2002).

2.2.1. Aktarma İstasyonlarında Yer Seçimi

Aktarma istasyonlarının hayata geçirilmesindeki ilk ve en zorlu basamak yer seçimidir. Yer seçimi yapılırken çevresel, ekonomik, sosyal ve politik konular göz önünde bulundurularak hizmet edilecek bölgeler ile nihai depolama arasındaki en uygun alan seçilmelidir. Aktarma istasyonları, düzenli depolama tesisleri ile karşılaştırıldıklarında gürültü, toz, koku ve atık oluşumu gibi özellikleri ile benzer özellikler taşımaktadır. Bu yüzden aktarma istasyonlarının doğal su kaynakları, yerleşim alanları, rekreasyon bölgeleri ve sahil şeritleri gibi hassas bölgelere kurulması istenmemektedir. Tercih edilen bölgenin uygunluğunun belirlenmesi için dengeli bir yaklaşım ve disiplinler arası çalışmalarla birlikte coğrafi bilgi sistemleri gibi programlar kullanılarak kesin sonuca ulaşılmalıdır. Yer seçimi ile ilgili diğer bir önemli konu ise yerleşim merkezlerinde bulunan halk tarafından endişelere sebep olunmaması ve proje hedeflerinde yer alan maliyetlerin düşürülmesi, ön planda yer alması gerekliliğidir (Anonim 2006a, Chatzouridis ve Komilis 2011).

Katı atık yönetiminde önemli rol oynayan aktarma istasyonlarında fayda, risk ve maliyet açısından önemli bir yere sahip olan yer seçimi için birçok model geliştirilmiştir. Bu modellerden biri olan Analitik Hiyerarşi Prosesi, ikili karşılaştırma tekniği ile uygun yer seçiminde karar verme sürecinde önemli rol oynamaktadır. Hedef Programlama modeli ise birden fazla hedef aynı anda dikkate alınarak arzu edilen yer seçimini belirlemede kullanılır. Önerilecek olan modelin katı atık yönetim maliyetlerini, çevresel zararları azaltmaya ve verimliliği artırmaya katkı sağlaması gerekmektedir. Uygulanması planlanan modeller şu an ve ileriye dönük olarak entegre katı atık yönetimi planlarına, belediyelere ve akademik kurumlara katkı sağlayacaktır. Yer seçiminde kullanılan maliyet odaklı karşılaştırmalı yöntemler, sınırlı kaynaklar ile tamamlama olanağı sunan doğrusal programlama ve aynı anda uygulanan kriterlerin içerisinden en iyi durumu belirlemede kullanılan çok kriterli karar verme teknikleri gibi en sık kullanılan modeller, coğrafi bilgi sistemleri ile birlikte kullanıldığında doğru sonuçlara ulaşmakta faydalı olmaktadır (Önel 2014, Yadav ve ark. 2016, Karadağ 2018).

2.2.2. Aktarma İstasyonlarının Planlanması ve Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi

Aktarma istasyonlarının planlanması yapılırken coğrafi koşullar, günlük atık hacmi, yerel ulaşım altyapısı ve yerel kamu hizmetlerine kolay erişim gibi çeşitli konular dikkate alınmalıdır. Aktarma istasyonlarında koku oluşma ihtimali göz önünde bulundurularak döküm alanının kapalı bir sistem içerisinde yer alması sağlanmalı ve atıkların bekleme süresi koku oluşumuna sebep olmayacak şekilde planlanmalıdır. Planlama esnasında aktarma istasyonuna yakın yerleşim yerinde ikamet eden çevre halkı için kent estetiğine uygun bir yapı oluşturulmalıdır (Eshet ve ark. 2006).

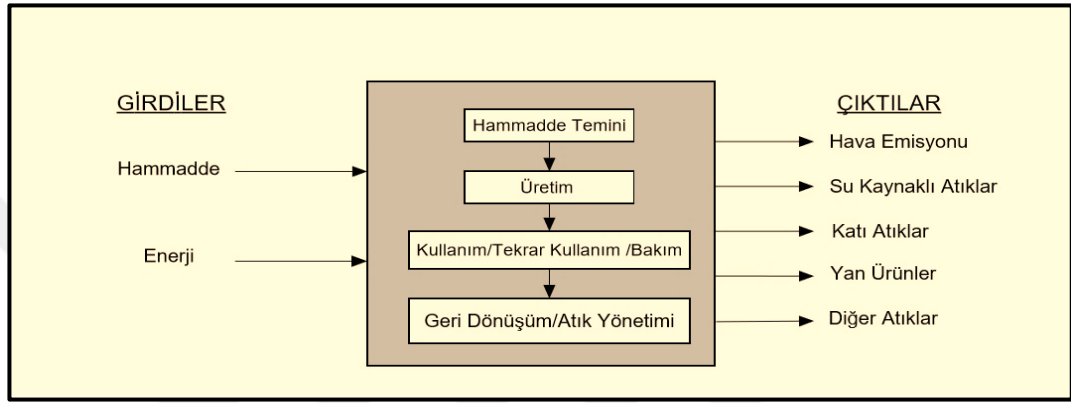
Gerekli bölge ya da bölgelere hizmet edecek olan aktarma istasyonlarında diğer bir önemli konu da tasarım ve kapasite kriterlerinin belirlenmesi olacaktır. Bir aktarma istasyonu yapılması öngörüldüğünde kapasitesi; hizmet edeceği bölgenin belirlenmesi, ihtiyaç duyulan bölgenin atık türü ve karakterizasyonu ve eğer varsa uygulanan geri dönüşüm programları, mevsimsel değişikliklere bağlı olarak aktarılabilecek materyal türleri, atıkların tesislere günlük ve saatlik varış biçimleri, çöp araçlarının atıkları aktarma araçlarına yükleme hızı, bölgedeki nüfus artış hızına bağlı olarak oluşan atık miktarındaki artış, katı atık yönetim tesislerine olan uzaklıklara göre belirlenir (Anonim 2002).

Aktarma istasyonları planlanırken birçok katı atık türünün kabul edilmesi öngörülmektedir. Aktarma istasyonuna, belediyeler ve yerel yönetimler tarafından yasaklanan atıklar; poliklorlu bifenil (PCB), bataryalar, radyoaktif malzemeler, işlenmesi zor atık türleri, sağlık sorunu ve yangın tehlikesi oluşturabilecek olan atık türleri, aktarma istasyonun yasaklayabileceği atık türleri, yerel düzenlemeler ile birlikte geri dönüşümü mümkün olan atıklar, atık yükleme işlemleri sırasında kamyon veya ekipmana zarar verebilecek kadar büyük olan atık türleri kabul edilmeyen atık türleridir (Anonim 2002).

2.3. Yaşam Döngüsü Analizi

Yaşam döngüsü analizleri (YDA) gibi karmaşık modelleme araçları hem doğrudan hem de dolaylı olarak meydana gelebilecek insan, çevre ve kaynak kullanımına etkilerini

belirlemek için kullanılan yöntemlerdir. Diğer bir ifadeyle bir sürecin yaşam döngüsü boyunca malzeme temini, imalatı, kullanımı ve nihai ürün elde edilmesine kadar geçen zaman boyunca çevresel etkileri değerlendirmek için kullanılan kapsamlı bir yöntemdir. YDA çalışmaları süreç kaynaklı zararların tespiti ve bu zararların ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalara yardımcı olmaktadır (Anonim 2016, Rosa 2018). Şekil 2.1’de yaşam döngüsü aşamaları verilmiştir.



Şekil 2.1. Yaşam döngüsü aşamaları

YDA süreci sistematik ve aşamalı bir yaklaşım olup hedef tanımlama ve kapsam belirleme, envanter analizi, etki değerlendirmesi ve yorumlama gibi dört bileşenden oluşur. Hedef tanımlama ve kapsam belirlemede ürün, süreç veya etkinlik, sınırlar ve çevresel etkiler tanımlanır. Envanter analizinde enerji, su ve malzeme kullanımı ve çevresel salınımlar tanımlanır. Etki değerlendirmede envanter analizinde tanımlanan çevresel enerji salınımı, enerji, su ve malzeme kullanımının insan ve ekolojik etkileri değerlendirilir. En son basamak olan yorumlama kısmında ise sonuçlar için kullanılan varsayımları net bir şekilde tanımlamak için etki değerlendirme sonuçları değerlendirilir (Anonim 2006b).

Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) için kaynak verimliliğini içeren ham madde temininden nihai bertarafına kadar olan etkilerin değerlendirilmesinde genel ilkeler ve çerçeve ISO 14040 standardizasyonu ile açıklanmakta olup, gereksinimleri ise ISO 14044 standardizasyonu ile belirlenmektedir (Anonim 2006c,d). Yaşam döngüsü etki değerlendirmesi ürünleri veya süreçleri beşikten mezara olacak şekilde değerlendirir. Bu yaklaşım beşikten kapıya, kapıdan kapıya ve kapıdan mezara olacak şekilde

araştırmacılara inceleme ve yorumlama şansı tanımaktadır. Beşikten kapıya yaklaşımında; analiz, birincil kaynakların kullanılabilir kaynak biçimlerine dönüştürülmesiyle ortaya çıkan çevresel yükleri tanımlamakta ve hammadde çıkarma, üretim ve ulaşım dahil olmak üzere tüm dönüşüm süreçlerini kapsamaktadır. Kapıdan kapıya yaklaşımında; analiz, nihai kaynakların bir ürüne, sürece veya hizmete dönüştürülmesiyle oluşan çevresel yükleri değerlendirir. Kapıdan mezara yaklaşımında ise; analiz, nihai emisyonların ve seçilen nihai kaynakların tüketiminden kaynaklanan çevresel yükleri ele almaktadır (Margallo ve ark. 2014).

2.4. Katı Atık Yönetimi ve YDA alışmaları ile İlgili Literatür alışmaları

YDA atık yönetiminin her alanında sıklıkla başvurulan bir yöntemdir. 2018 yılında İtalya ‘da iki şehirde atık yönetiminde sokak ve caddelerin süpürülmesinin etikleri üzerine Bartolozzi ve ark. yaptığı bir araştırmaya göre, ekipmanlar, taşıma, yakıt, atık, paketleme, elektrik ve su kullanımı gibi etkenlerden en fazla etkiye sahip olan unsurun yakıt olduğu anlaşılmıştır. Araştırma verileri arasında yakıt kullanımının iklim değişimi, partikül oluşumu, ozon incelmesi, asidifikasyon, ötrofikasyon ve kaynak kullanımı gibi sonuçlara diğer etkenlere göre %50’nin üzerinde etki ettiği anlaşılmıştır.

Türkiye’de Sakarya ilinde Yay (2015) tarafından yapılan YDA çalışmasına göre abiyotik tükenme, abiyotik tükenme (fosil yakıtlar), asidifikasyon, küresel ısınma, ozon tükenmesi, insan toksisitesi, tatlı sudaki ekotoksisite, denizdeki su ektoksisitesi, karasal ekotoksisite ve fotokimyasal oksidasyon etkileri üzerinde mevcut depolama ve yakmanın en kötü atık nihai bertaraf alternatifleri olarak belirlenirken, kompostlama ve malzeme geri kazanımının daha iyi performans göstermiş olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Teixeira ve ark. (2014), Porto’da evsel atıkların toplama sürecinde ekonomik ve çevresel performansını YDA üzerinde yaptıkları çalışmaya göre belirlemişlerdir. Çalışmaya göre atıkları kaynağında ayrı toplamanın karışık olarak toplamaya göre çevresel etkilerinin daha az olduğu, kaynağında ayrı toplama süresinin atık oluşum miktarına bağlı olarak arttığı, kaynağında ayrı toplama ile geri kazanıma gönderilecek ürün miktarının arttığı sonuçlarına ulaşmışlardır.

Birleşik Devletler Çevre Koruma Ajansı'nın 2016 yılı Sera Gazı Envanteri'ne göre düzenli depolama tesislerinden 107,66 milyon ton atıksu arıtımından ise 19,79 milyon ton CO₂ salınımı olduğunu belirtmiştir. CH₄ salınımı ise atık sektöründe 124,61 milyon ton olarak belirlenmiştir (Anonim 2016). Eckelman ve ark. (2016) Amerika Birleşik Devleti'nde sağlık sistemlerinin çevre ve insan sağlığı üzerinde yaptıkları araştırmaya göre 2013 yılında 6.6E+11 kg CO₂, 3.1E+09 kg SO₂, 1.0E+09 kg PM₁₀, 7.3E+05 kg CFC-11, 4.0E+10 kg O₃ ve 9.4E+07 kg N azot salımına sahip olduğunu belirlemişlerdir.

Eshet ve ark. (2006) İsrail'de aktarma istasyonlarına yakın olan yerleşim yerlerinin konut ve arsa fiyatları üzerinde etkilerini incelemişlerdir. Araştırmaya göre konutların aktarma istasyonuna uzaklığı arttıkça fiyatları artmaktadır. Çevresel kalite ve emlak fiyatlarındaki değişimler arasındaki ilişkiyi temsil eden bu bulgular sonucunda yerleşim yerlerine yakın kurulan aktarma istasyonlarının şehir estetiğini olumsuz yönde etkilemekte olduğu vurgulanmıştır.

Özeler ve ark. (2005) çalışmalarında Ankara'da YDA kullanarak atıkların toplanması ve taşınması, kaynak azaltma, malzeme geri kazanım tesisi (MRF), Transfer İstasyonları (TS), yakma, anaerobik bozunma ve depolama alanı üzerinde senaryolarını oluşturmuşlardır. Çalışmaya göre; Senaryo 2 (Kaynak Azaltma + Toplama + Taşıma + Depolama), kaynak azaltma süreci ve ardından malzemelerin geri dönüşümü nedeniyle en uygun yöntem olarak belirlemiştir.

Bovea ve ark. (2007) evsel nitelikli katı atıkların yönetiminde çevresel faktörlerin önemli rol aldığı aktarma istasyonlarının işletilmesi üzerine YDA'da yaptıkları araştırmaya göre, evsel katı atıkların aktarma istasyonuna gelerek nihai depolama alanına transfer edildiğinde çevresel yüklerde %16,8 oranında azalış gösterdiğini tespit etmişlerdir. Aktarma istasyonunun olması durumunda enerji tüketimi yönünden %45 azalış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Rezazadeh ve ark. (2014) İran'ın toprak alanının yaklaşık %0,8'ni kaplayan ve toplam 273 525 kişi nüfusu ile bir kıyı eyaleti olan Gilan'da atık yönetimi ile ilgili bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Eyalette iki yerde bulunan kompost tesislerinin performansının

düşük olduğu ve maksimum performans için atıkların ayrımı konusunda halkın eğitimi ve farkındalığının artırılmasının gerekliliği ortaya konmuştur. Sahil bölgelerinde atık yönetiminin bölgesel değil, ulusal bir sorun olarak görülmesinin ve tüm yetkililerin bu sorunların çözümünde yer alıp, çevresel standartların oluşturulması konusunda ortak hareket etmeleri gerekliliği ortaya konmuştur.

Komilis (2008) kentsel katı atıkların nakliyesini optimize etmek için kavramsal modelleme üzerine çalışma yürütmüştür. Atık nakliye süresi ve maliyetinin optimizasyonuna dayalı iki kavramsal tamsayı doğrusal optimizasyon modeli geliştirmişlerdir. Çalışmaya göre maliyet optimizasyon modeli, bir evsel katı atık yönetiminde kurulması planlanan aktarma istasyonlarının sayısını tahmin etmek için destek aracı olarak kullanılabilir. Ayrıca yerleşim alanı ile kurulması ve işletimi daha düşük maliyet gerektiren aktarma istasyonu arasındaki eşik mesafe korunduğunda, aktarma işleminin maliyetinin ve süresinin verimliliğinin sağlandığı ortaya konmuştur.

De Feo ve ark.(2016) Güney İtalya'da kaynağında ayrı olarak toplanan evsel katı atıkların toplanması taşınması ve bertarafı konusunda YDA'da ReCipe 2008 metoduna göre iki farklı senaryo üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Senaryo 1'de atıkların toplanması, atıkların dış bir bölgede mekanik biyolojik arıtımı (MBT); Senaryo 2'de Senaryo 1'den farklı olarak bölgeden 10 km uzaklıkta kompostlama tesisinin olduğu durumu değerlendirmişlerdir. Sonuçlara göre bölgeden 10 km mesafedeki bir kompost tesisinin var olması çevresel etkilerde % 65 oranında fayda sağlamıştır.

YDA çalışmaları birçok sektörde üretim süreçlerinin basamaklarında farklı senaryolar izleyerek uygun süreci ve üretim sonucu oluşan ürünün lojistik faaliyetlerini belirlemenin yanı sıra çevre ve insan sağlığı üzerine olumsuz etkilerinin belirlenmesinde rol oynamaktadır. Atık yönetimi konusunda YDA ile ilgili araştırma örnekleri çok fazla sayıda yer almasına rağmen, aktarma istasyonları ile ilgili yapılmış çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Yapılan bu çalışmanın gelecekte kurulması planlanan aktarma istasyonları için çevre ve insan sağlığı üzerinde etkilerinin incelenmesinde, yer seçimi konusunda, yakıt/mesafe optimizasyonunu belirlemede ve toplama taşıma sektöründe maliyetlerin düşürülmesi konusunda örnek bir araştırma olabileceği düşünülmektedir.

Aktarma istasyonlarının ilgili atık yönetimi yönetmeliğinde yer alması ve sayılarının her geçen gün artış göstermesine rağmen literatürdeki yetersizliği söz konusudur. Bu çalışma ile aktarma istasyonlarının, atık yönetiminde maliyetlerin ve çevresel etkilerin azaltılması hususunda önemli bir yere sahip olduğu gerçek veriler ile ortaya konarak, literatürdeki boşluk doldurulacaktır. Türkiye'nin önemli büyük şehirlerinden biri olan Bursa'da aktarma istasyonlarının sayısının artırılması gerekliliği vurgulanmış olup, hedeflenen aktarma istasyonlarının bir an önce faaliyete geçirilmesi gerekliliği ön plana çıkarılmıştır.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Çalışma Alanı

3.1.1. İlçe Belediyeler

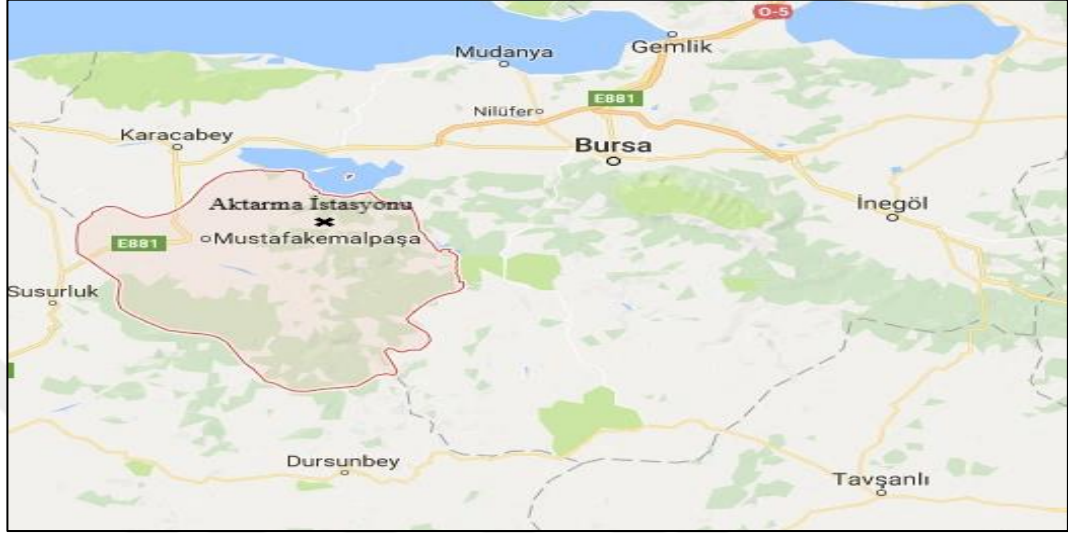
Mustafakemalpaşa ilçesi 1507,41 km² alan üzerine kurulu olup, 2017 yılı nüfusu 99 972 kişidir (Anonim 2018). İlçede 131 mahalle bulunmaktadır. Nüfusun çoğunluğu geçimini genellikle tarıma dayalı bir şekilde gerçekleştirmektedir. İlçede atık yönetimi ile ilgili olarak gelişmiş bir sistem bulunmamaktadır. Atıklar kaynağında ayrıştırılmadan karışık evsel katı atık olarak toplanmaktadır. Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığının yapmış olduğu atık bileşeni çalışması sonuçları Çizelge 3.1’de verilmiştir (Anonim, 2015a).

Çizelge 3.1. Mustafakemalpaşa ilçesi atık bileşeni

Atık Bileşenleri	%
Kağıt-Karton	3,15
Cam	1,71
Pet	1
Poşetler	13,86
Plastik	3,56
Metaller	0,48
Organik Atık	45,3
Elektronik Atık	0,18
Tehlikeli Atık	0,32
Kompozit	0,6
Tekstil	6,41
Çocuk Bezi	2,41
Diğer Yanabilir	6,73
Diğer Yanamayan	14,3

İlçe belediyesi, evsel nitelikli katı atık toplama ve taşıma işlemini 13 araç ile gerçekleştirmektedir. Toplanan atıklar 7 km uzaklıktaki Ayazma mevkiinde bulunan Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonuna getirilmektedir. Yıl genelinde günlük olarak toplanan atık miktarı ortalama 90 ton civarındadır. Evsel nitelikli atık oluşumunda haziran temmuz ve ağustos aylarında (yaz mevsimi) nüfus artışının ve tüketim anlayışının değişmesine bağlı oluşan günlük atık miktarı 100 tona çıkmakta, aralık ocak ve şubat aylarında (kış mevsimi) oluşan günlük atık miktarı ise 85 tona

düşmektedir. Mustafakemalpaşa ilçesinin Bursa ili merkezine olan uzaklığı 84 km, düzenli depolama tesisine olan uzaklığı 81 km olup, İlçenin Bursa il sınırları içerisinde konumu Şekil 3.1’de verilmiştir.



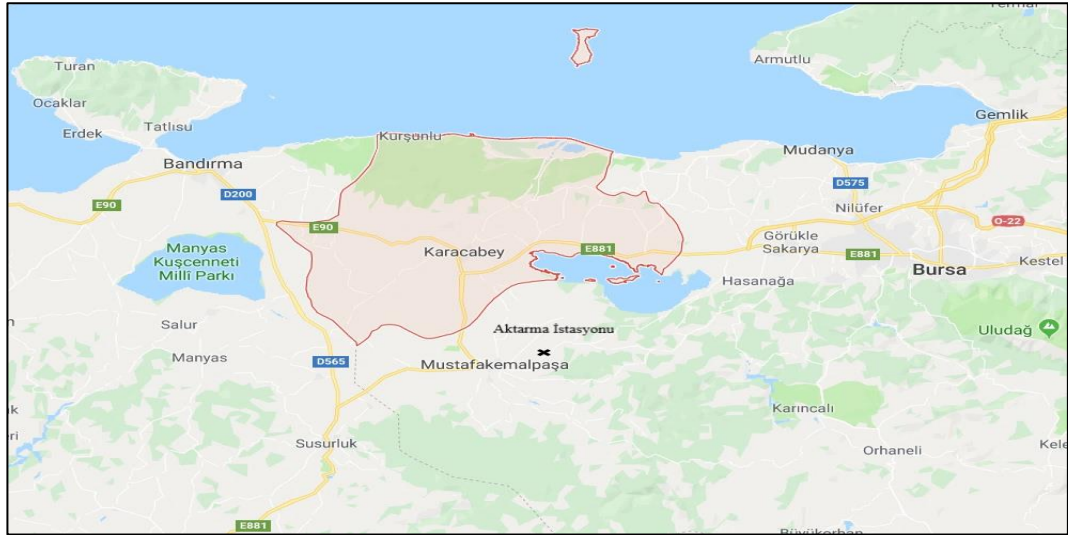
Şekil 3.1. Mustafakemalpaşa ilçesi sınırları

Karacabey ilçesi ise tarımsal faaliyet ve buna bağlı olarak gelişen sanayi ile birlikte dışarıdan göç almaktadır. 2000 yılında yapılan nüfus tespitinde Karacabey ilçe merkezinin nüfusu 40 624 iken 2017 yılında nüfusu 82 408 kişi olmuştur (Anonim 2018). Nüfusun %53' ü ilçe merkezinde, %47'si ise köylerde yaşamaktadır. Yıllık nüfus artışı %7'dir. Yıl genelinde günlük olarak toplanan atık miktarı ortalama 70 ton civarındadır. Karacabey ilçesinin haziran, temmuz ağustos aylarında nüfus artışına paralel olarak ilçede oluşan atık miktarı günlük olarak 90 tona çıkarken, kış mevsiminde bu miktar 65 tona gerilemektedir. Atık bileşeni çalışması sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir (Anonim 2015a).

Çizelge 3.2. Karacabey ilçesi atık bileşeni

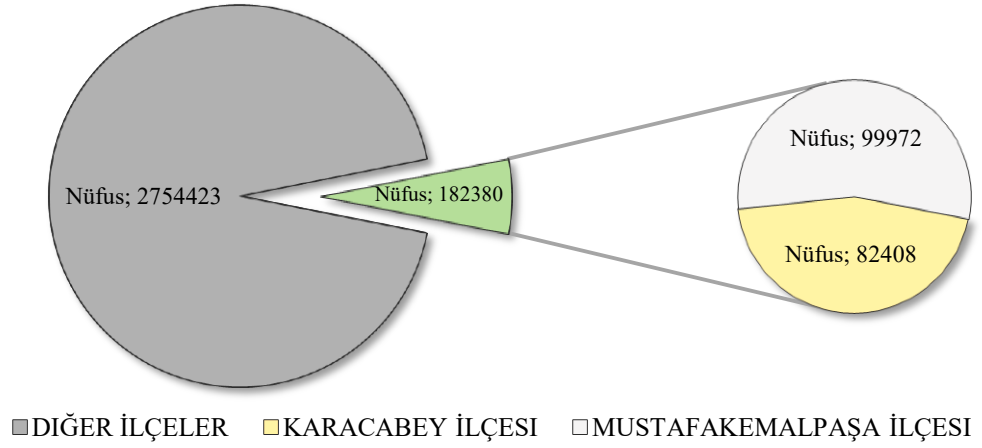
Atık Bileşenleri	%
Kağıt-Karton	11
Cam	1,28
Pet	0,85
Poşetler	5,28
Plastik	1,73
Metaller	0,21
Organik Atık	49,24
Elektronik Atık	0,18
Tehlikeli Atık	0,31
Kompozit	0,2
Tekstil	4,5
Çocuk Bezi	3,77
Diğer Yanabilir	7,17
Diğer Yanamayan	14,27

İlçe belediyesi, evsel nitelikli katı atık toplama ve taşıma işlemini 11 araç ile gerçekleştirmektedir. Toplanan atıklar 23 km uzaklıktaki Ayazma mevkiinde bulunan Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonuna getirilmektedir. Karacabey ilçesinin Bursa iline olan uzaklığı 69 km, düzenli depolama tesisine olan uzaklığı 66 km olup, İlçenin Bursa il sınırları içerisinde konumu Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Karacabey ilçesi sınırları

2018 TÜİK verilerine göre Bursa ilinin 2017 nüfusu 2 936 803 olarak bildirilmiştir. İlçelerin nüfusunun Bursa nüfusuna oranı %6 olup, Şekil 3.3’ de verilmiştir.



Şekil 3.3. Karacabey ve Mustafakemalpaşa ilçelerinin nüfuslarının Bursa ili nüfusu içindeki dağılımı

Toplama taşıma sektörü atık yönetiminde maliyetlerin %60'nı oluşturmaktadır. İlçe belediyeler tarafından yürütülen evsel nitelikli katı atık toplama ve taşıma sistemlerinin faaliyete geçirilmesinde önemli organizasyonların yapılması gerekmektedir. Toplama taşıma faaliyetleri geçmiş yönetimlerce düzenlenen sistemlerin devamlılığı niteliğindedir. Literatürde atıkların toplanması ve taşınması hususunda araç hazne içi atık seviye algılama, rota optimizasyon algoritması, karınca kolonisi yaklaşımı, çok amaçlı modeller ve RFID (Radyo Frekansı ile Tanımlama-Radio-Frequency Identification) gibi model yaklaşımlarla rota optimizasyonu sağlanarak, maliyetlerin düşürülmesi planlanmaktadır (Çavdar ve ark. 2014). Toplama ve taşıma hizmetlerine ait maliyetlerin tam olarak belirlenebilmesi, verimlilik ve maliyet açısından karşılaştırma yapılabilmesi, hangi maliyet kaleminde tasarruf yapılabileceğinin belirlenebilmesi için atık toplama miktarları ile satın alma, işçilik, ilk yatırım ve tamir bakım gibi maliyet bileşenlerinin ayrıntılı ve düzenli olarak analizinin yapılması gerekmektedir. İlçe belediyelerde günlük olarak toplanan atıkların hangi bölgelerde yoğunluk gösterdiği tespit edilerek, bileşenleri belirlenerek, konteyner sayıları ve konumlarının haritalanması sağlanarak bölgesel hizmet kalitesi yükseltilmeli ve çalışan toplama taşıma araçlarının uygun rota optimizasyonu, modellemeler ve çalışmalarla belirlenmeli, sayıları azaltılmalıdır.

Aktarma istasyonuna evsel katı atıkları toplama, taşıma işleminde kullanılan araç çeşitleri Şekil 3.4’de verilmiştir.



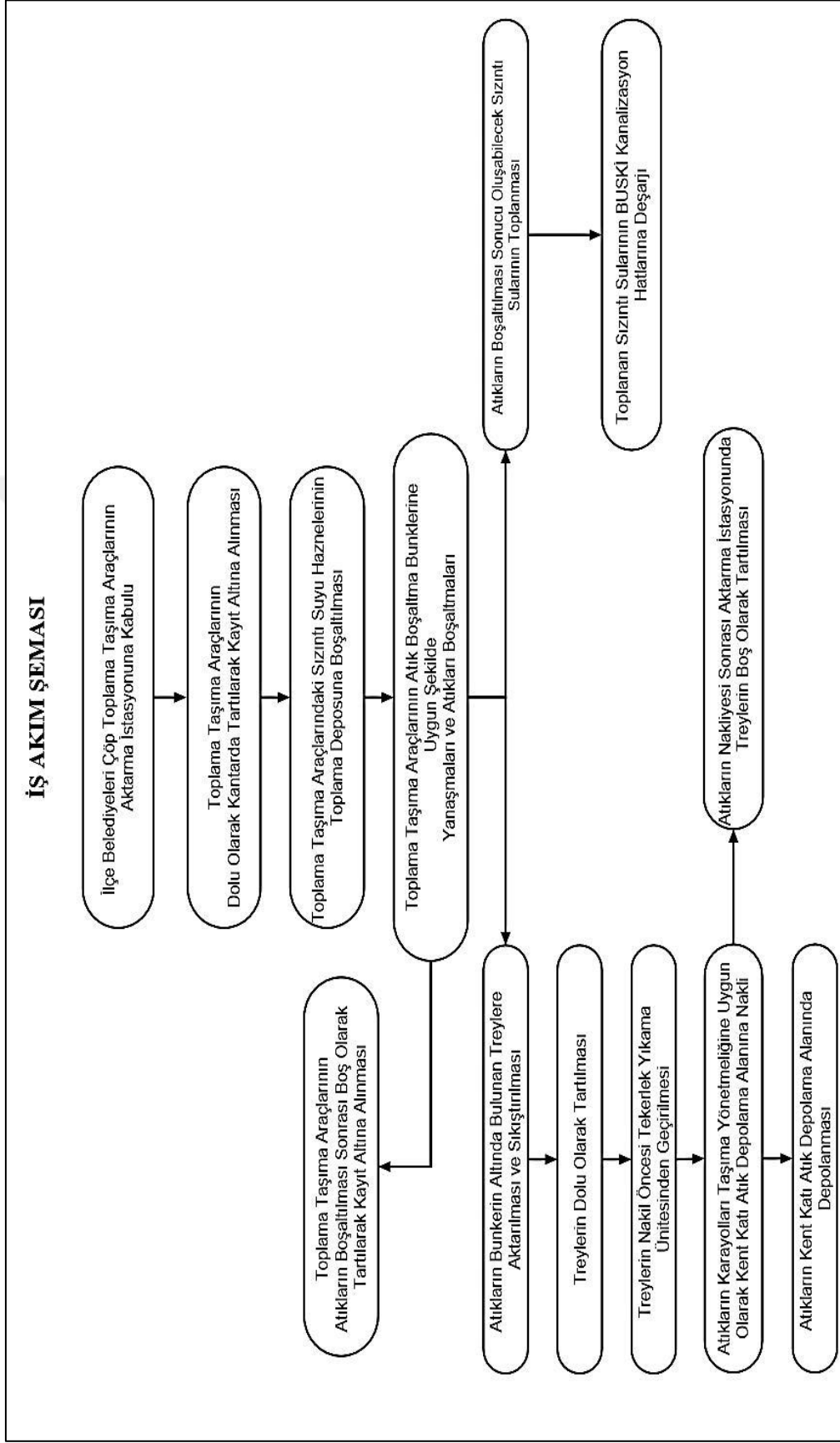
Şekil 3.4. İlçe belediyelerde evsel nitelikli atıkların taşınmasında kullanılan araçlar

3.1.2. Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu

Mustafakemalpaşa ilçesi Fevzidede Mahallesi Ayazma Mevkii’nde bulunan 8173 m² alan üzerine inşa edilen 170 ton/gün fiili kapasiteli tesis Mustafakemalpaşa ve Karacabey ilçelerine hizmet etmekte olup, evsel katı atıklar yaklaşık 85 km mesafedeki Yenikent Düzenli Depolama Alanına nakledilmektedir. Aktarma istasyonu ile evsel katı atıkların küçük kapasiteli araçlardan sıkıştırılmalı yarı römork tipi semitreyler araçlara nakli sağlanarak depolama alanına giden araç sayısı azaltılmakta, böylece yakıt, işgücü ve zamandan tasarruf sağlanmakta, trafik yükünün azalması ile birlikte CO₂ emisyonlarının da azalması sağlanmakta ve ayrıca gürültü ve görüntü kirliliğinin önüne

geçilmektedir. İlçe belediyelerin atık toplama işlemi ve evsel nitelikli atıkların aktarma istasyonundan düzenli depolama tesisine aktarma işlemini kapsayan iş akış şeması Şekil 3.5’ de verilmiştir.





Şekil 3.5. Aktarma istasyonu iş akış şeması

Tesise ait görüntüler Şekil 3.6' da gösterilmiş olup, aktarma istasyonu giriş ve çıkışın orta kısmında yer alan güvenlik kulübesi, gelen araçların kontrolünü yapmakta, danışma hizmeti vermekte ve tesisin güvenlik açısından kontrol altında tutulmasını sağlamaktadır. 150 m² alana sahip idari binada tesiste görevli olarak bulunan şantiye şefi, muhasebe personeli ve istasyon amiri çalışmalarını yürütmektedir. Kantar binası, ilçelerde toplama ve taşıma işlemini gerçekleştiren çöp araçlarının ve aktarmadan sonra nakliye araçlarının tartımlarının yapıp raporlandıkları yerdir. İki adet kantar bulunmaktadır. 1. kantar da ilçelerden toplanan atıklar tartıma alınmakta, 2. kantar da ise semitreler tartılarak, katı atık miktarları raporlanmaktadır. Böylece giren atık miktarı ile çıkan atık miktarlarının kütle denkliliği gözlenmekte ve sonuçlar birbiri ile karşılaştırılmaktadır. Aktarma binası 1696 m² olup içerisinde 4 adet katı atık aktarma bunker ve gelen çöp araçlarının sızıntı sularını boşalttıkları hazneler bulunmaktadır. Atıkların aktarma binasında semitreler araçlara nakli esnasında evsel atıklardan kaynaklanan çöp sızıntı suları, 1 adet 20 m³ polietilen tankta toplanarak vidanjör ile Bursa Su ve Kanalizasyon İşleri Genel Müdürlüğü'ne ait sızıntı suyu arıtma tesisine taşınmaktadır. Aktarma istasyonunda atıkların nakli sırasında oluşan toz ve kokunun giderimi için emisyon ve koku giderim ünitesi bulunmaktadır. Ünite ile tesiste atık boşaltma esnasında oluşan partikül maddelerin ve koku oluşturan bir kısım uçucu organik bileşiğin giderimi sağlanmaktadır. Tesis çıkışında araçların tekerleklerine bulaşan atıkları, şehir caddelerine taşımamak ve çevreyi kirletmemek için araçların alanı terk etmeden önce tekerleklerini yıkayabilecekleri bir dezenfeksiyon ünitesi bulunmaktadır.



Şekil 3.6. Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu

Kentsel katı atık yönetiminde aktarma istasyonlarının en önemli özelliklerinden biri araç sayısının düşürülmesi ile trafik yükünü hafifletmektir. Bu kapsamda atıkların bertaraf alanına aktarılmasında kullanılacak olan semitreylerin; yüksek sıkıştırma kapasiteli, kullanımı kolay, aktarma istasyonlarının tasarım kriterlerine uygun olacak şekilde belirlenmesi önemlidir. Türkiye’de aktarma istasyonlarında çoğunlukla satın alma maliyeti ucuz olan Şekil 3.6’da yer alan yüksek sıkıştırma kapasitesine sahip semiteyler tercih edilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte tercih edilen semitreyler çeşitliliklerinde farklılık meydana gelmektedir. İstanbul Avrupa ve Anadolu yakasında hizmet etmekte olan aktarma istasyonlarında çöp besleme, sıkıştırma ve boşaltma işlemleri döner silindir sistemli semitreyler ile gerçekleştirilmektedir. Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu’nda 3 adet çift çekirli çekici tır ve 5 adet sıkıştırılmalı 58 m³ kapasiteli semitreyler kullanılmaktadır. Tesisten düzenli depolama tesisine ve sızıntı suyu arıtma tesisine giden araçlar Şekil 3.7’ de gösterilmiştir.



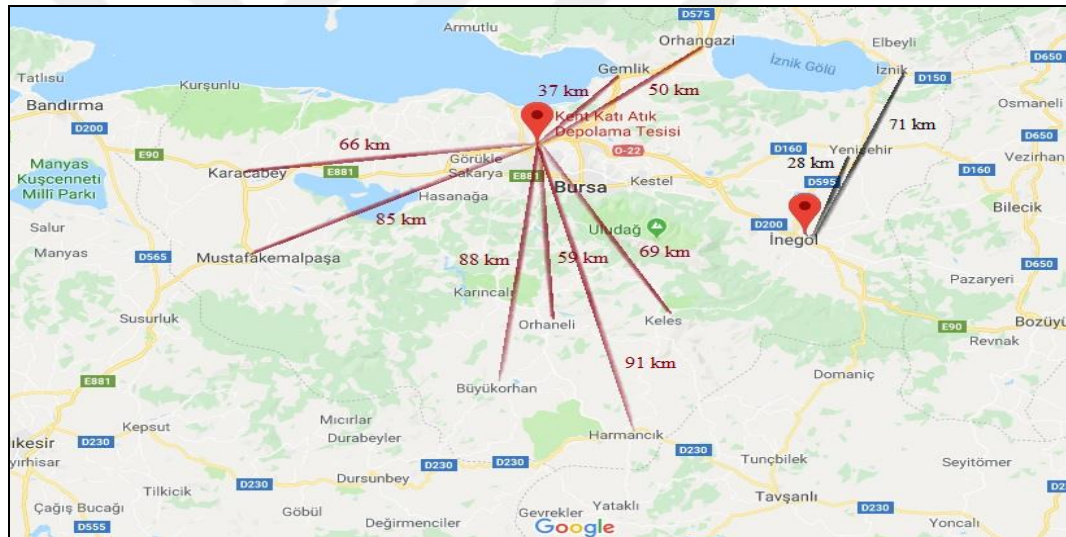
Şekil 3.7. Evsel atık aktarma işleminde kullanılan semitreyler ve sızıntı suyu aktarma işleminde kullanılan vidanjör

Aktarma işleminde kullanılan araçlarda mazot kullanılmaktadır. Yakıt tüketimi konusunda oldukça dikkatli olunması gerektiği için, en doğru akaryakıt seçeneğini değerlendirmek gerekir. Benzinli araçların yakıt tüketimi, dizel araçlara göre %25 oranında daha fazladır, bu durum yakıt maliyeti konusunda artışa neden olacağı için benzinli araç tercih edilmemiştir. Aktarma istasyonunun işletilmesine ve aktarma işleminde kullanılan araçlara ait genel bilgiler Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Aktarma istasyonuna ait genel bilgiler

Hizmet Edilen Nüfus (Kişi)	181382
Tesiste Çalışan Kişi Sayısı	16
Çekici Sayısı (Adet)	3
Semitreyler Sayısı (Adet)	5
Semitreyler Kapasitesi (m ³)	58
Sefer Sayısı(adet/ay)	183
Kullanılan Yakıt Türü (Benzin/Mazot)	Mazot
Emisyon Değeri (Euro3,Euro4,Euro5,...)	Euro 5
Araçlarda Kullanılan Yağ Çeşitleri	68 Numara Yağ, 15-40 Yağ

Aktarma istasyonları kurulurken ilçe belediyelerin düzenli depolama tesislerine uzaklığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bursa il genelinde yer alan uzak ilçelerin düzenli depolama tesislerine uzaklıkları Şekil 3.8’de verilmiştir.



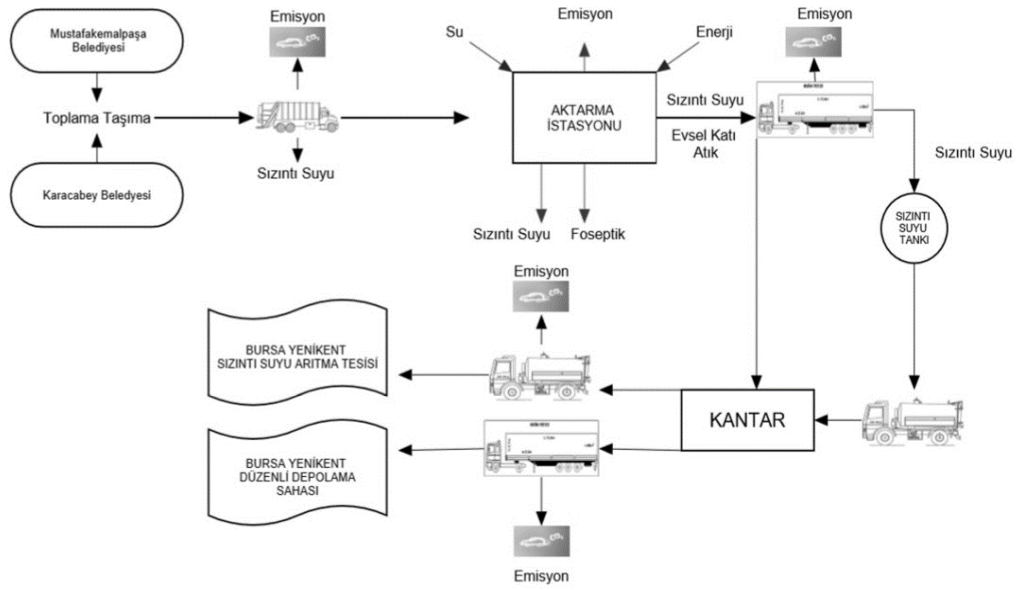
Şekil 3.8. Bursa ilçelerinin düzenli depolama tesisine uzaklıkları

EPA'nın Atık Aktarma İstasyonları: Karar Verme El Kitabı'nda aktarma istasyonlarının düzenli depolama tesisine olan uzaklığın 56 km'den fazla olduğu durumlarda kurulmasının maliyet optimizasyonunu sağladığı sonucuna varılmıştır (Anonim 2002). Şekil 3.8'de gösterildiği üzere Bursa ilinde ilçelerin düzenli depolama tesisine uzaklıkları göz önünde bulundurulduğunda aktarma istasyonlarının kurulması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Aktarma istasyonlarının nüfus miktarına bağlı olarak tek bir ilçeye hizmet edeceği gibi entegre yönetim anlayışı ile birden fazla ilçeye hizmet sunması mümkündür. Bu kapsamda batı bölgesinde yer alan aktarma istasyonu

Karacabey ve Mustafakemalpaşa ilçelerine hizmet etmekte iken, güney bölgesine kurulması planlanan aktarma istasyonu Keles, Büyükorhan, Orhaneli ve Harmancık ilçelerine hizmet imkanı sunabilir. Ayrıca İznik ve Yenişehir ilçelerinden toplanan evsel nitelikli katı atıklar, İnegöl ilçesinde yer alan düzenli depolama sahasına taşınmakta olup, iki ilçe belediye için aktarma istasyonunun faaliyete geçirilmesi gerekmektedir. Batı bölgesinde yer alan aktarma istasyonunda yer seçimi için arsa fiyatlarının uygunluğu, yerleşim bölgelerine, tarım arazilerine ve atıksu arıtma tesisine yakınlık, yerleşim alanlarının gelişme durumu gibi faktörler detaylı incelenmiş olup, Mustafakemalpaşa ilçesinde yer alan aktarma istasyonunun konumu uygun görülmüştür.

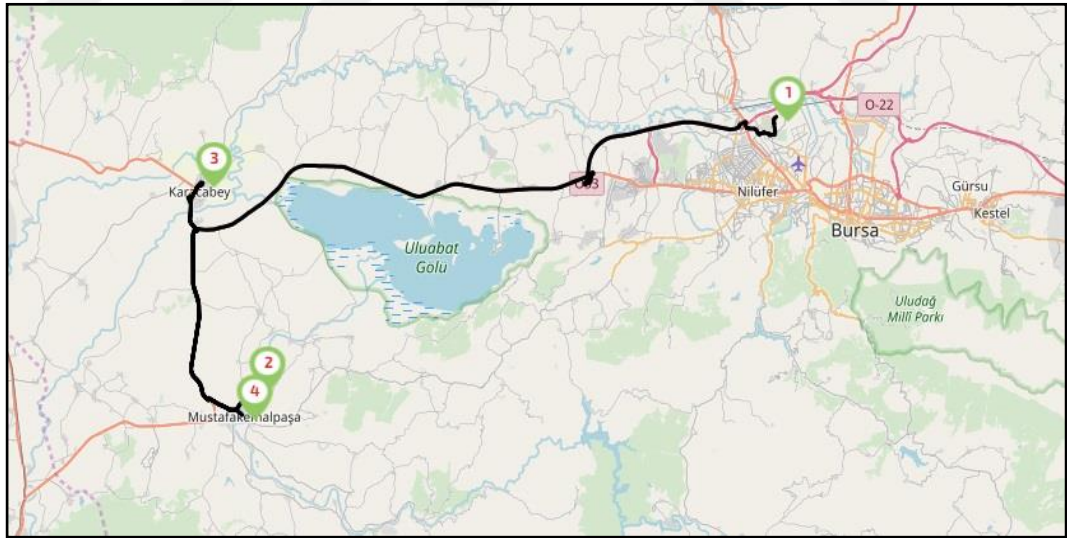
3.2. Yöntem

Çalışmanın ana amacı bir aktarma istasyonunun, belediye katı atık yönetim sistemi içine entegre etmenin etkilerini (insanlar, ekosistem ve kaynaklar üzerine) YDA ile ortaya koymaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için Bursa Mustafakemalpaşa ilçesinde yer alan Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu'nun hizmet ettiği ilçelerden evsel nitelikli katı atıkların toplanma ve taşınması, aktarma istasyonunun işletimi ve atıkların nihai depolama alanına aktarılması işlemi sırasında oluşabilecek çevresel yükler, aktarma istasyonu olmaması durumunda ve aktarma istasyonun farklı konumda olması durumunda oluşabilecek çevresel yüklerin belirlendiği mevcut durum ve iki farklı senaryo, YDA ile değerlendirilmiştir. Bu aşamada SimaPro yazılımı Versiyon 8.5'den faydalanılmıştır. YDA'da metod olarak ReCipe Endpoint (H) V.1.13 ve TRACI 2 kullanılmıştır. Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu ve ilçe belediyelerin evsel nitelikli atıkların toplanması taşınması ve aktarılmasında çevresel etkilerini analiz etmek için fonksiyonel birim olarak üretilen bir ton evsel nitelikli katı atık miktarı ele alınmıştır. Mevcut durumun sistemin sınırları; aktarma istasyonunun mevcut işletilmesi ile birlikte katı atık toplandığı andan itibaren Bursa Yenikent Katı Atık Depolama Alanı'na nakledilene kadar geçen süreç içinde üretilen çevresel etkileri içerir. Mevcut durumun sistem sınırları Şekil 3.9' da gösterilmektedir.



Şekil 3.9. Mevcut durum sistem sınırları

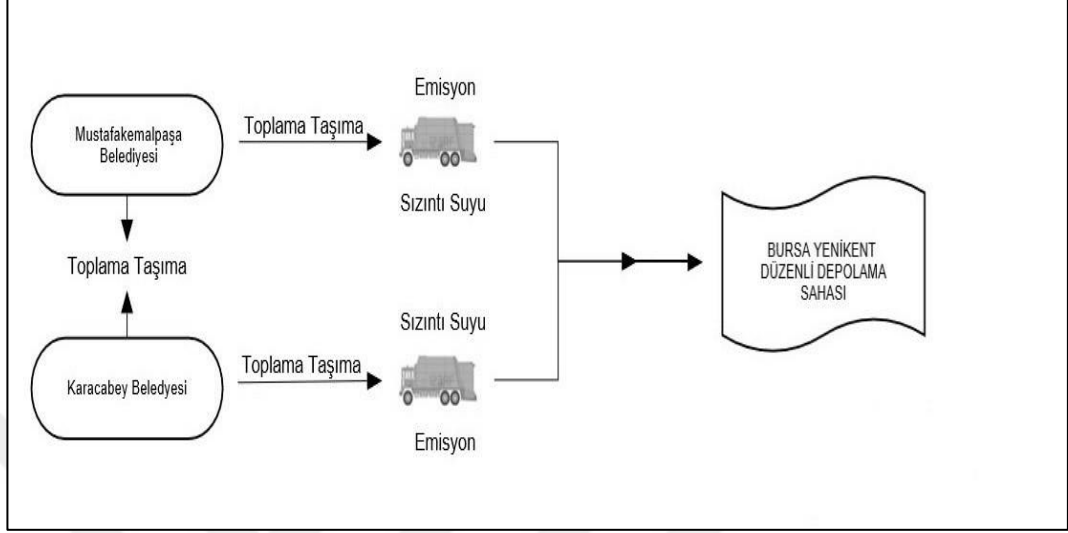
İlçelerin aktarma istasyonuna ve düzenli depolama tesisine uzaklıkları ise Şekil 3.10'da verilmiştir.



Şekil 3.10. Düzenli depolama tesisi (1), aktarma istasyonu (2), Karacabey (3) ve Mustafakemalpaşa (4) ilçelerinin konumu

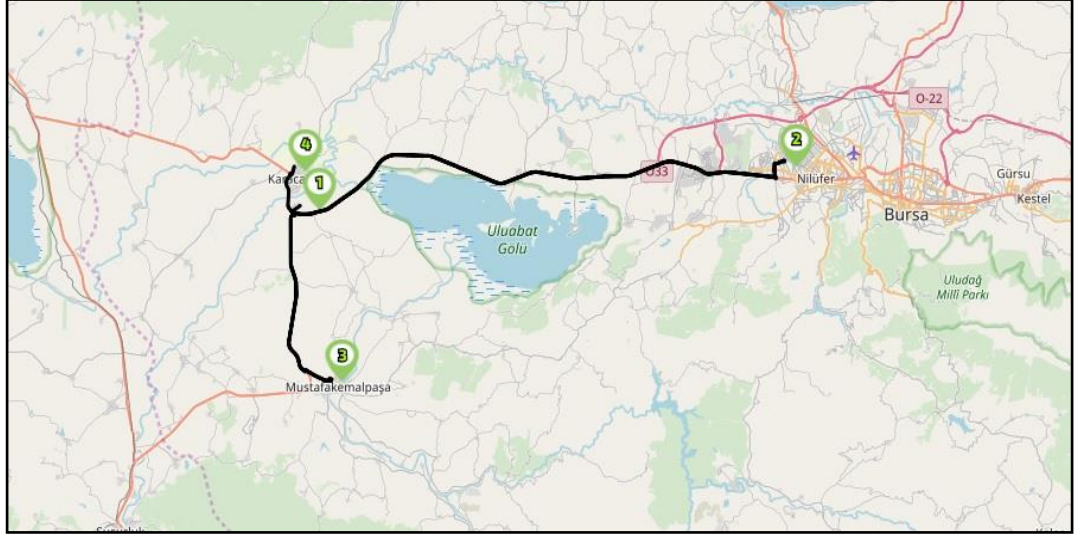
Senaryo 1 sisteminin sınırları, aktarma istasyonunun olmadığı düşünülerek katı atık toplandığı andan itibaren Bursa Yenikent Katı Atık Depolama Alanı'na nakledilene

kadar geçen süreç içinde üretilen çevresel etkileri içerir. Senaryo 1 sisteminin sınırları Şekil 3.11' de gösterilmektedir.



Şekil 3.11. Senaryo 1 sistem sınırları

Senaryo 2 sisteminin sınırları; mevcut durum sistem sınırları (Bkz. Şekil 3.9) ile benzerlik göstermekte olup, aktarma istasyonu farklı konumda yer almaktadır. Konum, Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı tarafından Karacabey ilçesi sınırları içerisinde, ilçe belediyelerin kesişim noktası olarak planlanmıştır. İlçe belediyelerin ulaşım açısından daha kolay ulaşılabilirliğine rağmen şahsi kişiye ait arazi fiyatının yüksek olması ve tarımsal alanlara yakınlığı göz önünde bulundurulduğunda, ayrıca Mustafakemalpaşa ilçesinde atıksu arıtma tesisinin aktarma istasyonunun yanına kurulacak olması düşünüldüğünde sürdürülebilirlik ve planlama maliyet optimizasyonu açısından kamu arazisi olarak Mustafakemalpaşa İlçesinde yer alan arazi uygun görülmüştür. İlçelerin, farklı konumda yer alması düşünülen aktarma istasyonuna ve düzenli depolama tesisine göre konumları Şekil 3.12'de gösterilmiştir.

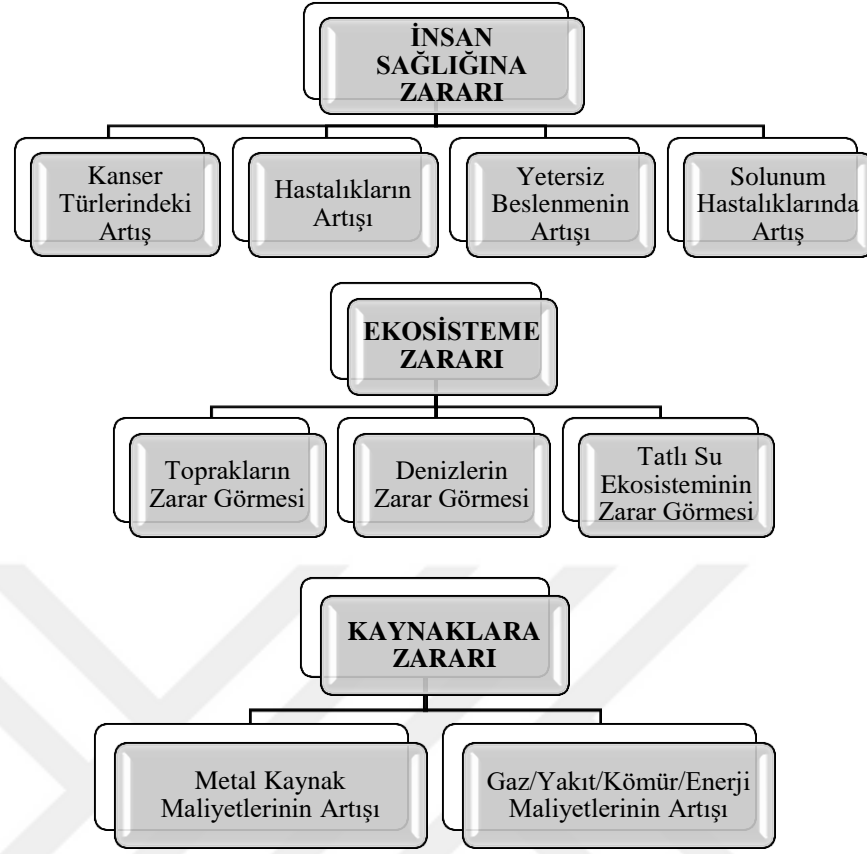


Şekil 3.12. Alternatif aktarma istasyonu (1), düzenli depolama tesisi (2), Mustafakemalpaşa (3) ve Karacabey (4) ilçeleri konumu

Envanter, atıkların yaşam döngüsünün her aşaması sırasında tüm çevresel girdilerin ve çıktıkların detaylı bir şekilde derlenmesi ile oluşturulmuştur. Çalışmanın kapsamına göre envanter verileri, aktarma istasyonunun hizmet ettiği ilçelerden evsel nitelikli katı atıkların toplanmasından atıkların nihai depolama alanına ulaştırılmasına kadar gereken faaliyetler (evsel nitelikli katı atıkların toplanma ve taşınması, aktarma istasyonunun işletimi ve atıkların nihai depolama alanına aktarılması) için oluşturulmuştur. Bu faaliyetlerin her biri için envanter analizlerinin oluşturulmasında işletme raporları, literatür ve SimaPro yazılımından faydalanılmıştır.

3.2.1. ReCipe Endpoint (H) V.1.13 Metodu

ReCipe Endpoint, YDA çalışmalarında emisyon ve kaynak faktörlerini çevresel etki puanına dönüştürmede kullanılan bir yöntemdir. Bu faktörlerin belirlenmesinde kullanılan iki yöntemden biri olan ReCipe Endpoint insan sağlığı, kaynaklar ve ekosistem üzerindeki üç uç nokta göstergesini vermektedir (Anonim, 2011). YDA'da metot olarak kullanılan ReCipe Endpoint'in zarar yollarından sonuca ulaşmak için kullandığı yol Şekil 3.13'de gösterilmiştir.



Şekil 3.13. ReCipe Endpoint analiz metodu sonuç yolu

3.2.2. TRACI 2 Metodu

TRACI 2, YDA çalışmalarında endüstriyel ekolojik ve sürdürülebilirlik ölçümleri için karakterizasyon faktörleri sağlayan orta nokta metottur. Faktörlerin potansiyel sonuçları, girdilerin ve diğer etkilerin çevresel etki birimlerinde ölçülmekte olup, ozon tabakasının incilmesi, iklim değişikliği, asidifikasyon, ötrofikasyon, kirli hava oluşumu, ekotoksosite ve insan sağlığı üzerindeki sonuçları vermektedir (Bare ve ark. 2003). Sistemin sınırları; mevcut durum ve iki farklı senaryo için katı atık toplandığı andan itibaren Bursa Yenikent Katı Atık Depolama Alanına nakledilene kadar geçen süreç içinde üretilen çevresel etkileri içerir.

3.2.3. Yaşam Döngüsü Envanter Analizi

Yaşam döngüsü analizi (YDA) için SimaPro yazılımı Ecoinvent veri tabanı kullanılmış olup, kapıdan kapıya yaklaşımı içerisinde ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metotları ile

mevcut durum ve iki farklı senaryonun insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri belirlenmiştir. Mevcut durum ve senaryolarda hizmet edilen ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonundan düzenli depolama tesisine kadar olan süreçlerin etkileri belirlenmiştir. YDA'da girdi verileri birbirinden farklı birimlerde oluşmaktadır. Bu verilerin belirsizliğini ortadan kaldırmak için standart sapma ile karakterize edilen bir dağılım tanımlamak gerekmektedir. Girdi belirsizliklerinin etkisini ortadan kaldırmak ve YDA sonuçlarını hesaplamak için Monte Carlo analizi kullanılmaktadır. Monte Carlo analizi ile birbirinden farklı girdi birimleri için belirsizlik dağılımından rastgele bir değer seçilir ve bu analiz çok sayıda tekrar edilerek örneklenmiş değerler kümesi için YDA sonuçları hesaplanır. Sonuç olarak Monte Carlo analizi ile birimlerin farklılıkları göz önünde bulundurularak aralarındaki farkların anlamlı olmasına yardımcı olur (Anonim, 2015b). Literatürde atık yönetimi üzerine yaşam döngüsü envanter analizi çalışmalarında etkilerin belirlenmesinde çoğunlukla ReCipe Endpoint, TRACI 2, Usetox, Ecological Footprint metotları kullanılmıştır. Yapılan bu çalışmada yaşam döngüsü envanter analizinde metot olarak daha fazla ayrıntı içermesinden, kullanılan toplam enerji, su ve hammadde tüketiminin etki eşdeğerinin kolay belirlenmesinden dolayı TRACI 2 metodu; anlaması ve yorumlaması kolay olmasından ve bölgesel farklılıkların ortaya çıkarılmasından dolayı ise ReCipe Endpoint metodu tercih edilmiştir (Dhaliwal, 2015).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Karacabey ve Mustafakemalpaşa İlçelerinin Katı Atık Yönetimi

Çalışma kapsamında ilçe belediyelerde 2016 Ekim-2017 Eylül tarihleri arasındaki bir yıllık süreçte oluşan katı atık miktarları değerlendirilerek analiz yapılmış ve ilçelerdeki toplama ve taşıma sektörünü, aktarma istasyonun işletilmesi ve aktarma işlemini etkileyen araç özellikleri, kullanılan akaryakıtın cinsi ve miktarı, kullanılan doğal kaynaklar, kat edilen yol miktarları ve kullanılan kimyasallar olmak üzere ana faktörler belirlenmiştir. İlçe belediyelerde oluşan evsel nitelikli atıklar toplanarak Mustafakemalpaşa ilçesinde bulunan “Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonuna” getirilmektedir. Aktarma istasyonu sayesinde araç sayısı, hava emisyonları azaltılmakta ve iş gücü düşürülmektedir.

Karacabey ilçesinde kişi başı oluşan günlük ortalama atık miktarı 0,92 kg’dır. Oluşan atık miktarı günlük ve aylık olarak dalgalanmakla birlikte yaz mevsiminde nüfus artışı ve tüketim anlayışının değişmesi, haziran temmuz ve ağustos aylarında oluşan atık miktarını önemli miktarda artırmaktadır. Karacabey ilçesi mevcut toplama taşıma araçları ile gerçekleştirdiği kent temizliği için 15.04.2015-08.02.2015 tarihleri arasında aktarma işlemini faaliyete geçirmiş olup, bir adet çekici araç ve semitreyleler ile gerçekleştirdiği aktarma işlemi için hizmet bedelini 290 250,00 TL olarak belirlemiştir. İlçe sınırları içerisinde sahil bölgesi bulunmasından kaynaklı olarak yaz mevsiminde nüfus artışı meydana gelmektedir. Karacabey gibi sahil bölgelerine sahip ilçelerde katı atık yönetiminin bir parçası olan toplama ve taşıma sektöründe yaşanan sorunlardan en önemlisi yaz döneminde ek personel ihtiyacıdır. Bu durum hem personel giderlerinin artmasına hem de var olan iş akışının değişmesine sebep olmaktadır. Karacabey ilçesinde evsel katı atık yönetiminde toplama ve taşıma sektöründe 10 adet 7+1 m³ (hazne ve arka kapak kapasitesi) ve 1 adet 15+1,5 m³ araç çalışmaktadır. Mustafakemalpaşa ilçesinde ise oluşan kişi başı evsel atık miktarı günlük ortalama 0,89 kg’dır. Mustafakemalpaşa ilçesinde işlenebilir tarım arazilerinin oldukça fazla olmasından kaynaklı olarak yaz mevsiminde mevsimlik personellerin ilçeye göçü ile nüfus artış göstermesiyle paralel olarak atık oluşum miktarı da artış göstermektedir. Mustafakemalpaşa belediyesi 2015 yılında personel ve araç giderlerini kapsayan kent

temizliği için yaklaşık maliyeti 6 156 588,84 TL olarak belirlemiştir. İlçede toplama ve taşıma sektöründe 7 adet 7+1 m³ ve 6 adet 15+1,5 m³ çöp aracı kullanılmaktadır.

Eskişehir Odunpazarı Belediyesi Evsel Katı Atık Tarife Raporu'na göre 404 267 kişi sayısına sahip ilçede 2017 yılında toplama ve taşıma maliyetini 24 491 575,80 TL olarak belirlemiştir (Anonim 2019a). 94.247 kişi sayısına sahip Marmaris ilçesinde 2017 yılı Evsel Katı Atıkların Toplanması ve Taşınması Tarife Tespit için Plan ve Bütçe Komisyonu Çalışma Raporu'na göre 2017 yılı toplama, taşıma Hizmet Alımı için gerçekleşen toplam tutar 13 868 648,35 TL olarak belirlenmiştir (Anonim 2019b). Bu çalışmada incelenen ilçe belediyelerin, kent temizliği açısından toplama taşıma sektörüne ayırdığı hizmet maliyeti ile literatür verileri paralellik göstermektedir.

İlçe belediyelerde oluşan evsel atıklar, belediye tarafından uygun noktalara yerleştirilmiş konteynerlerden belediye ekiplerince her gün yada günde iki kere olacak şekilde toplanmaktadır. Evsel nitelikli atık oluşumuna bağlı olarak toplama taşıma araçlarının doluluk oranlarında farklılık meydana gelmektedir. Pazar günleri ilçe belediyelerde çalışan araç sayısının az olmasından dolayı pazartesi günü araçların doluluk oranları daha fazladır. Araçların doluluk oranları ortalama %80 olmakla birlikte, ilçelerde pazar yerlerinin kurulması, özel günler ve resmi tatiller gibi unsurlar bu oranın artışına neden olmaktadır. İlçelerde toplama taşıma sektöründe, yerleşim yeri sayısı ve konumu, konteyner konumları, yol bağlantıları, atıkların toplanma ve boşaltılma hızı ile toplama sıklığı ve aktarma istasyonun konumu gibi unsurlar araç sayısının ve ekipmanlarının kapasitesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. İlçelerin bulunduğu konumda düzensiz kentleşmenin sonucu, dar cadde ve sokak aralarının bulunmasından ve çarşı pazar gibi kalabalık yerleşkelerin ilçe merkezinde yer almasından dolayı ilçe belediyelerde 7+1 m³ kapasiteli toplama taşıma araçları kullanılmaktadır. Araçların şehir içi yakıt performansları 15+1,5 m³ kapasiteli araçlara göre daha uygundur. Ancak ilçe merkezlerinden uzak bulunan köy ve beldelerde oluşan atıkların toplanması ve taşınması için küçük kapasiteli araç kullanımında atık oluşumuna bağlı sefer sayılarında artış meydana gelecektir. Oluşan atıkların tek seferde toplanması ve taşınmasına bağlı olarak sefer sayılarının düşürülmesi için 15+1 m³ araçlar tercih edilerek, yakıt tasarrufu ile birlikte maliyetlerin düşürülmesi

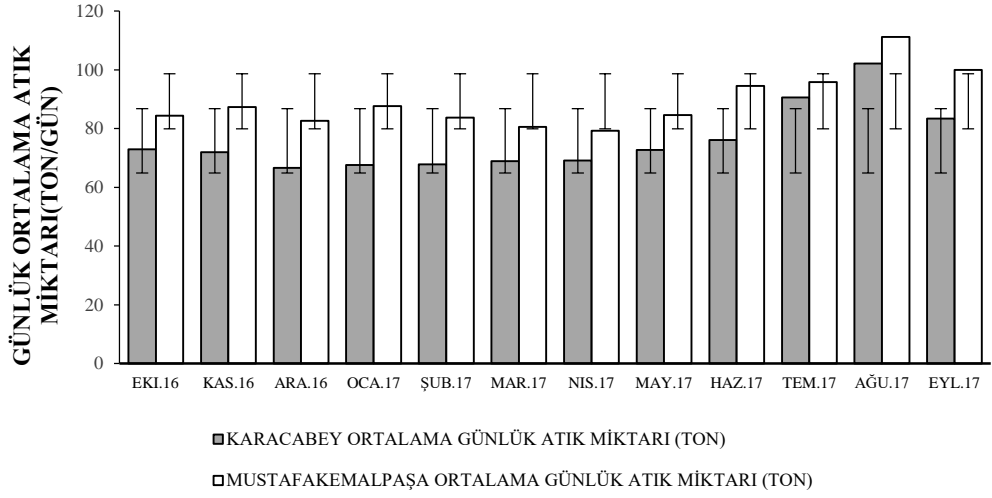
sağlanmaktadır. İlçelere ait atık oluşum miktarı ve toplama taşıma araçlarına ait genel bilgiler Çizelge 4.1’de verilirken günlük katı atık miktarı ise Şekil 4.1’de gösterilmiştir



Çizelge 4.1. İlçe belediyelerin atık yönetimi genel bilgileri ve envanter verileri

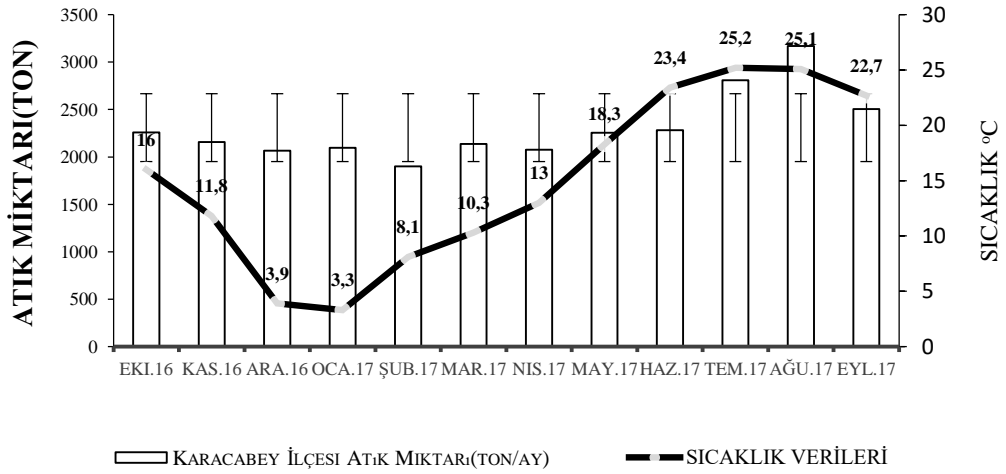
MUSTAFAKEMALPAŞA İLÇESİ										KARACABEY İLÇESİ					
Mesafe/ton (km/ton)	Yakıt/ton (Litre/ton) (0,5) ¹	Yakıt Miktarı (Litre)	Mesafe Bilgileri (Km)	Atık Oluşumu (Kg/Kişi.Gün)	Ort. Günlük Katı Atık Miktarı (Ton)	Taşınan Eysel Katı Atık Miktarı (Ton)	Mesafe/ton (0,5) ¹	Yakıt/ton (Litre)	Yakıt Miktarı (Litre)	Mesafe Bilgileri (Km)	Atık Oluşumu (Kg/Kişi.Gün)	Ort. Günlük Katı Atık Miktarı (Ton)	Taşınan Eysel Katı Atık Miktarı (Ton)		
Eki.16	6,324	6,23	16 309	0,84	84,45	2617,9	7,434	5,994	13 547	16 800	0,88	72,9	2259,92		
Kas.16	5,867	5,714	14 973	0,87	87,35	2620,48	7,349	6,084	13 130	15 860	0,87	71,94	2158,20		
Ara.16	7,297	6,277	16 075	0,83	82,61	2561,02	8,252	6,409	13 242	17 050	0,81	66,65	2066,16		
Oca.17	5,219	5,537	15 041	0,88	87,62	2716,22	9,277	6,008	12 598	19 452	0,82	67,64	2096,76		
Şub.17	7,665	7,526	17 650	0,84	83,76	2345,32	8,254	6,204	11 790	15 686	0,82	67,87	1900,4		
Mar.17	7,061	6,32	15 788	0,81	80,59	2498,22	7,338	6,334	13 539	15 686	0,84	68,95	2137,5		
Nis.17	7,289	7,1	16 893	0,79	79,31	2379,42	8,432	6,351	13 182	17 502	0,84	69,19	2075,66		
May.17	6,088	5,816	15 247	0,85	84,57	2621,68	8,435	6,462	14 570	19 020	0,91	72,74	2254,84		
Haz.17	5,933	6,429	18 239	0,95	94,57	2837,04	7,821	6,458	14 739	17 850	0,92	76,07	2282,24		
Tem.17	5,645	5,867	17 439	0,96	95,89	2972,6	6,596	6,016	16 890	18 520	1,1	90,57	2807,68		
Ağu.17	5,409	5,307	18 305	1,11	111,27	3449,36	6,129	5,713	18 102	19 420	1,24	102,21	3168,54		
Eyl.17	5,613	5,493	16 483	1	100,03	3000,76	6,063	5,902	14 777	15 180	1,01	83,45	2503,52		
TOPLAM	6,218	6,083	198 442			32 620,02	7,507	6,138	170 106	208 026			27 711,42		

¹ Araçların aktarma istasyonuna evsel nitelikli katı atık yüklü gelip, boş olarak dönmelerini ifade eder.

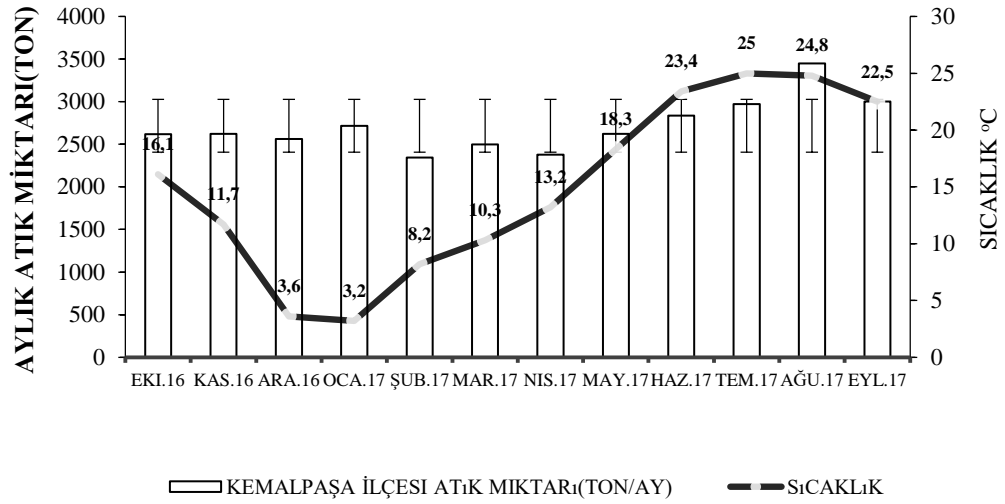


Şekil 4.1. İlçe belediyelerde oluşan günlük ortalama katı atık miktarı

Korelasyon analizi, iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin ölçülerinden biridir. Pearson Korelasyon Katsayısı (r) 0,70-0,89 değerleri arasında olması durumunda “yüksek düzeyde” anlamlı bir ilişki olduğunu ifade etmektedir (Alkan 2015). Nüfusa bağlı olarak Mustafakemalpaşa ilçesinde oluşan evsel nitelikli katı atık miktarı Karacabey ilçesine göre daha fazladır. Mustafakemalpaşa ve Karacabey ilçelerinde sıcaklık ile oluşan atık miktarı arasında pozitif ve yüksek düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmaktadır (Karacabey ilçesi: $r=0,79$, Mustafakemalpaşa ilçesi: $r=0,70$). Oluşan atık miktarının sıcaklık ile ilişkisini gösteren dağılım Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Karacabey ilçesi sıcaklık ile aylık atık miktarı arasındaki ilişki



Şekil 4.3. Mustafakemalpaşa ilçesi sıcaklık ile aylık atık miktarı arasındaki ilişki

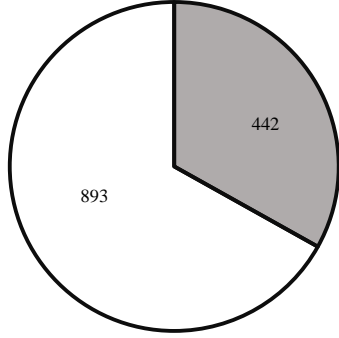
Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'den anlaşılacağı üzere sıcaklık artışı ile atık miktarı da önemli derecede artış göstermektedir. Ancak atık miktarındaki artış sadece sıcaklık ile açıklanamaz. İlçelerde meydana gelen nüfustaki artışlar, azalışlar, önemli günler, tüketim anlayışındaki değişiklikler ve pazar atıkları katı atık miktarının değişmesinde önemli rol oynamaktadır. İlçelerden toplanan atıklar Karacabey ilçesine 23 km uzaklıkta, Mustafakemalpaşa ilçesine ise 7 km uzaklıkta olan aktarma istasyonuna taşınmaktadır. İlçe belediyelerin evsel katı atık yönetimi ve toplama taşıma sektörü bilgileri Çizelge 4.2' de verilmiştir.

Çizelge 4.2. İlçe belediyelerin evsel atık yönetimi, toplama taşıma sektörü bilgileri

	MUSTAFAKEMALPAŞA	KARACABEY
Hizmet Edilen Nüfus (Kişi)	99 972	82 408
6-10 m ³ Araç Sayısı (Adet)	7	10
6-10 m ³ Araç Sefer Sayısı (Adet/Ay)	442	893
6-10 m ³ Aracın Kullandığı Yakıt Türü	Mazot	Mazot
6-10 m ³ Aracın Emisyon Değeri	Euro5	Euro5
13-18 m ³ Araç Sayısı (Adet)	6	1
13-18 m ³ Araç Sefer Sayısı (Adet/Ay)	176	26
13-18 m ³ Aracın Kullandığı Yakıt Türü	Mazot	Mazot
13-18 m ³ Aracın Emisyon Değeri	Euro5	Euro5

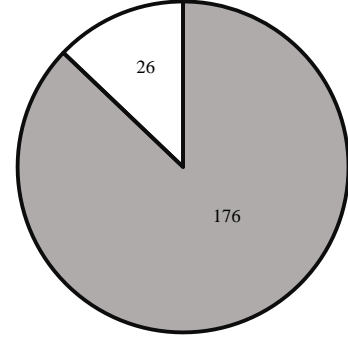
İlçe belediyelerde evsel katı atıkları toplama ve taşımada görev alan araçlarda hidrostatik sıkıştırılmalı ekipmanlar kullanılmaktadır. Ekipman kapasiteleri belirtilen araçların aktarma istasyonuna gerçekleştirdikleri sefer sayıları Şekil 4.4'de verilmiştir.

6-10 m³ Araç Sefer Sayısı(adet/Ay)



■ MUSTAFAKEMALPAŞA ■ KARACABEY

13-18 m³ Araç Sefer Sayısı(adet/Ay)

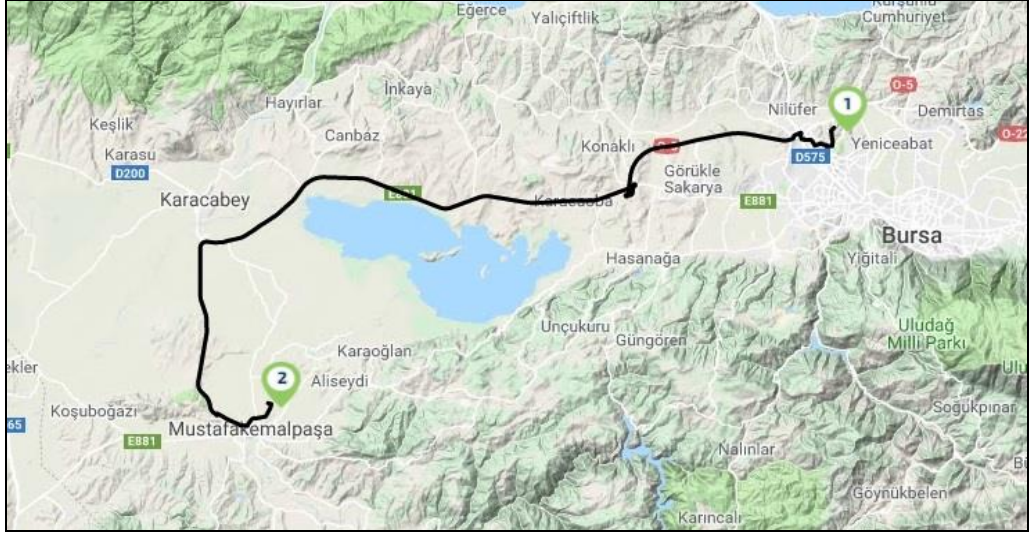


■ MUSTAFAKEMALPAŞA ■ KARACABEY

Şekil 4.4. Ekipman kapasiteleri belirtilen araçların aktarma istasyonuna gerçekleştirdikleri sefer sayıları

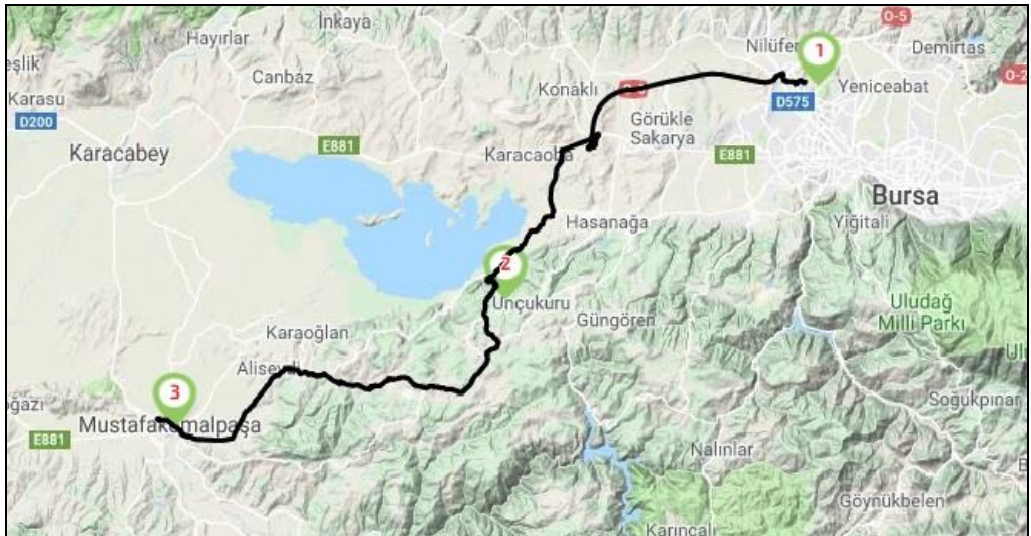
4.2. Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu İşletimi

Mustafakemalpaşa ilçesinde yer alan aktarma istasyonu düzenli depolama tesisine olan uzaklığı 85 km olup, aktarma işleminde kullanılan üç adet çekici ve semitreyler araçların kullandıkları rota bilgisi Şekil 4.5’de verilmiştir. 8173 m² alan üzerine inşa edilmiş 170 ton/gün fiili kapasiteli Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonunun projelendirme maliyeti 66 990,00 TL, yapım maliyeti 2 899 440,16 TL ve 2017 yılı işletim maliyeti ise 1.893.925,00 TL’dir. Kolukısaoglu ve ark. 2018 yılında gerçekleştirdikleri araştırmaya göre düzenli depolama tesisine 20 km uzaklıkta ve 1 çekici 2 semitreylerin kullanıldığı aktarma istasyonunun ilk yatırım maliyetini 709 881 TL ve bir yıllık işletme maliyetini ise 1 043 193 TL olarak belirlemiştir. Araştırma sonuçlarına göre Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma istasyonunun yatırım ve işletme maliyetlerinin literatür verileri ile paralellik gösterdiği sonucu ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.5. Aktarma istasyonundan (2) Yenikent Düzenli Depolama Tesisine (1) gidecek olan araçların rota haritası

Şekil 4.5’de verilen rota bilgisi aktarma araçları için en uygun rota olmakla birlikte, düzenli depolama tesisine uzaklığı 75 km olan alternatif yol güzergahı Şekil 4.6’da gösterilmiştir. Kullanılan alternatif güzergah, yol genişliği ve dağlık bölgede yer almasından dolayı kullanılmamakla birlikte ana güzergah üzerinde gerçekleşen yol bakımı ve trafik kazalarından dolayı trafik akışında meydana gelen sıkışma gibi durumlarda kullanılmaktadır.



Şekil 4.6. Aktarma istasyonundan (3) Yenikent Düzenli Depolama Tesisine (1) gidecek olan araçların alternatif rota haritası

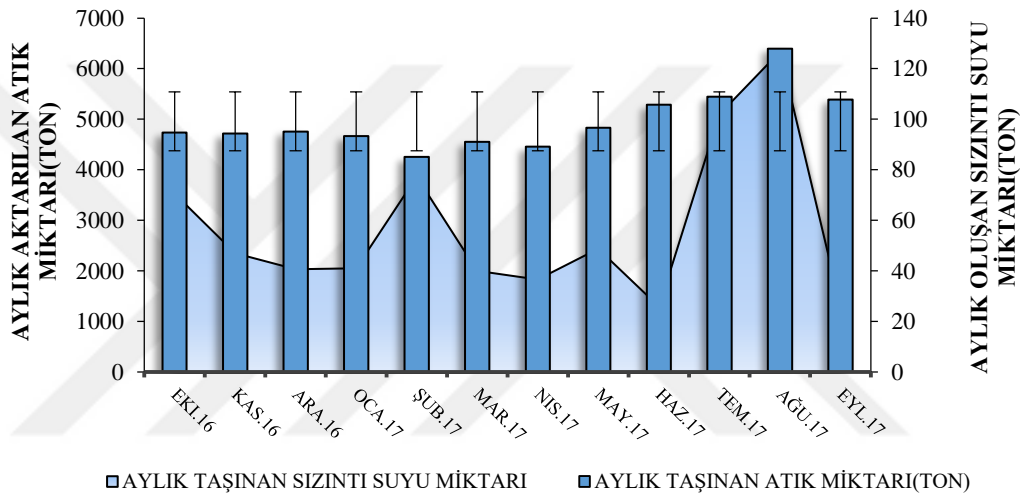
Aktarma istasyonundan 2016 Ekim-2017 Eylül tarihleri arasında toplam 59 490,91 ton evsel nitelikli katı atık düzenli depolama tesisine aktarılmıştır. Semitreler bağı olan çekici araçları ayda ortalama 188 sefer yapmakta olup, sefer sayıları değişkenlik göstermektedir. Belirtilen tarihler arasında taşınan atıksu miktarı ise 1 411,80 tondur. Aktarma istasyonu işletimi sonucu oluşan aylık veriler Çizelge 4.3’de verilmiştir. Atıksu oluşumunu sızıntı suyu ve yemekhane ile idari ofis kaynaklı evsel nitelikli atıksular oluşturmaktadır. Oluşan sızıntı suyu, aktarılan evsel nitelikli atıklardan ayrı olarak depolanmakta ve sızıntı suyu arıtma tesisine taşınmaktadır. Bu duruma alternatif olarak, oluşan sızıntı suyunun aktarma istasyonun yan alanına inşa edilen atıksu arıtma tesisine bağlantısının gerçekleştirilmesi için kirletici değerleri tespit edilmiştir. Oluşan sızıntı suyunun genç olmasından dolayı kirletici değerleri “Atıksuların Kanalizasyona Deşarj Yönetmeliği” referans aralığında kalmış olup, 2018 yılı Temmuz ayı itibari ile oluşan sızıntı suyunun ve foseptik atıksularının, atıksu arıtma tesisine deşarj bağlantısı gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.3. Atık aktarma işlemi ve envanter verileri

	Taşınan Atık Miktarı (ton)	Günlük Ortalama Atık Miktarı (ton)	Sefer Başı Taşınan Atık Miktarı (ton)	Taşınan Foseptik Atığı Miktarı (ton)	Taşınan Sızıntı Suyu Miktarı (ton)	Taşınan Atıksu Miktarı (ton)	Taşınan Atıksu Oluşum Yüzdesi (%)	Mesafe Miktarı/ton	Yakıt Miktarı/ton (0,5) ¹	Toplam Yakıt (Litre)	Toplam Sefer	Mesafe (km)
Eki.16	4735,46	152,76	25,24	39,1	70,56	109,66	1,47	6,667	4,835	22 896,36	192	31 569
Kas.16	4717,24	157,24	25,96	39,18	47,02	86,2	0,99	6,609	4,677	22 061,59	185	31 177
Ara.16	4758,3	153,49	21,57	31,66	40,66	72,32	0,85	6,133	5,614	26 712,42	224	29 182
Oca.17	4669,68	150,63	28,02	52,62	41,08	93,7	0,87	7,484	4,341	20 272,82	170	34 949
Şub.17	4253,8	151,92	27,92	25,18	77,24	102,42	1,78	7,544	4,373	18 603,29	156	32 092
Mar.17	4550,24	146,78	27,77	103,74	39,98	143,72	0,87	8,426	4,236	19 273,63	169	38 342
Nis.17	4458,22	148,61	27,83	42,26	36,56	78,82	0,81	8,554	4,114	18 339,92	163	38 137
May.17	4830,92	155,84	27,88	0,1	48,8	48,9	1	8,349	4,521	21 842,89	175	40 333
Haz.17	5284,05	176,14	30,47	52,32	25,78	78,1	0,49	8,08	4,207	22 230,36	176	42 696
Tem.17	5444,8	175,64	26,52	235,7	101,9	337,6	1,84	8,671	4,419	24 061,52	218	47 212
Ağu.17	6398,1	206,39	28,29	67,42	126,76	194,18	1,94	8,272	4,48	28 661,37	233	52 923
Eyl.17	5390,1	179,67	29	65,26	26,1	91,36	0,48	8,431	4,337	23 378,07	189	45 444
TOPLAM	59 490,91			754,54	682,44	1436,98		7,8	4,51	268 334,23	2250	464 055,17

¹ Aktarma için kullanılan araçların düzenli depolama tesisine evsel katı atık yüklü gidip, boş olarak dönmesini ifade etmektedir.

Aktarma istasyonuna ilçe belediyelerden gelen atık miktarı (Bkz. Çizelge 4.1) ve çıkan atık miktarının (Bkz. Çizelge 4.3) farklı olmasının sebepleri arasında sızıntı suyu kayıpları, iki kantar arasındaki kalibrasyon farkı ve aylık olarak hesaplanan kantar raporlarında ay sonunda gece saatlerinde çıkan aktarma araçlarının dönüş tarihlerinin bir sonraki ayın başlangıç tarihine denk gelmesinden kaynaklanmaktadır. Aktarma istasyonuna gelen çöp araçlarında atıklardan meydana gelen sızıntı suları polietilen tankta biriktirilerek sızıntı suyu arıtma tesisine gönderilmektedir. Atık miktarına bağlı aylık sızıntı suyu oluşum miktarı Şekil 4.7’de verilmiştir.

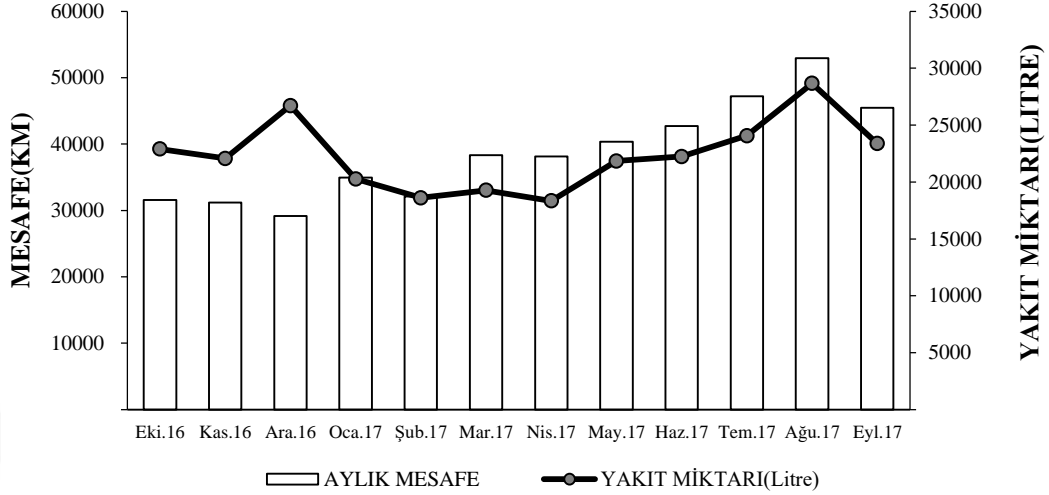


Şekil 4.7. Atık miktarına bağlı olarak oluşan sızıntı suyu miktarı

Şekil 4.7’den anlaşılacağı üzere oluşan sızıntı suyu mevsimsel değişkenlik göstermekte olup yaz mevsiminde tüketim alışkanlıklarının değişmesinden ve biyolojik bozunmanın hızlı olmasından kaynaklı bir artış meydana gelmekte olup, haziran temmuz ağustos aylarında bir ton evsel nitelikli atık miktarı başına oluşan sızıntı suyu miktarı 0,015 ton, aralık, ocak ve şubat aylarında ise ton başına sızıntı suyu miktarı 0,011 ton’dur Ayrıca yağmur ve kar gibi meteorolojik olaylar ile birlikte konteynerlerden toplanan atıkların içerisine giriş yapan su, sızıntı suyu hacmini artırmaktadır.

Aktarma istasyonuna gelen atık miktarı (Bkz. Çizelge 4.1) aylık ve günlük olarak farklılık göstermektedir. Mevsimsel ve günlük dalgalanmaların sonucu aktarma istasyonunda çıkan atık miktarlarına bağlı sefer sayıları artış veya azalış göstermekte

olup, çalışan üç adet çekicinin aylık km verileri ve beş adet semitreyler ile birlikte aktarma işlemi sırasında harcadıkları aylık yakıt miktarları Şekil 4.8’de verilmiştir.



Şekil 4.8. Araçların atık miktarına bağlı olarak harcadıkları yakıt miktarı

Araçların yakıt tüketimi ve taşıdıkları atık miktarları arasındaki dengesiz korelasyon görülmekte olup, bu durumun ana sebeplerinden bir tanesi araçlarda meydana gelen arızalar olup diğer bir unsur ise şoför kaynaklı bilinçsiz araç kullanımınıdır. Aktarma istasyonunun işletilmesinde ve araçların bakımlarında kullanılan kimyasallar, doğal kaynaklar ve diğer bilgiler Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.4. Aktarma istasyonunun işletilmesinde ve araçların bakımlarında kullanılan kaynakların ton başına envanter verileri

İşletme Verileri		
	Su Gideri (m ³ /ton atık)	0,0199
	Enerji Gideri (kWh/ton atık)	0,891
Araç Verileri		
	Toplam Yakıt (Litre/ton atık)	4,51
	68 Numara Yağ (Litre/ton atık)	0,015
	15-40 Numara Yağ (Litre/ton atık)	0,00218
	Ad-Blue Tüketimi (Litre/ton atık)	0,04
	Antifriz Tüketimi (Litre/ton atık)	0,0011
	Atık Lastik Miktarı (Adet/ton atık)	0,0011

Araçlarda yakıt türü olarak dizel kullanılmakta olup, araçların diğer bakım ve onarımlarında kimyasal maddeler ve yağlar kullanılmaktadır. Aktarma işleminde araçlarda yakıt olarak kullanılan dizelin yaşam döngüsü envanteri Çizelge 4.5’de

verilmiştir (Bovea ve ark., 2007). Çekici araçların 25 000 km'de bir ve ihtiyaç duyulması halinde semitrelerin yağ bakımı yapılmaktadır. Euro 5 araçlarda dizel ile birlikte emisyon verimi sağlaması için Ad-Blue eklenmektedir. Ad-Blue içeriğine bakıldığında “su bazlı üre çözeltilisi” şeklinde özetlenebilir. %32,5 temizlenmiş üreden ve %67,5 sudan oluşan AdBlue'nun amacı ise araçların egzozundan çıkan zararlı gazların salınımını azaltmak; yani emisyon oranını düşürmektir. Araçların yıkanması, saha temizliği, idari ofis ve yemekhanede su tüketimi olmaktadır. İçmesuyu Tesisleri Etüt, Fizibilite ve Projelerinin Hazırlanmasına Ait Teknik Şartname'sinde yer alan Evsel Olmayan Birimlerde Özel Su İhtiyacı tablosuna göre çalışan personel kaynaklı su tüketimi 100 Litre/kişi.gün olarak belirlenmiştir (Anonim 2013). Tesiste çalışan personel sayısına göre günlük su tüketim miktarı ise 1500 litre olup, yıllık personel kaynaklı su tüketim miktarı 547,5 m³'tür. Araçların yıkanması ve saha temizliği için kullanılan günlük su miktarı ise 1 745 litredir.

Çizelge 4.5. Dizel yakıt kullanımının yaşam döngüsü envanteri (g/kg dizel)

Hava Emisyonları		Su Emisyonları	
Partikül	1,48	BOİ	4,92E-3
C ₆ H ₆	1,29E-2	KOİ	1,61E-1
Aromatik HC	2,71E-5	AOX as Cl	2,15E-4
Halon	2,15E-2	Askıda Madde	3,12
Halojenik HC	2,61E-4	Fenol	7,24E-3
Metan	2,06E-8	Tolüen	6,49E-3
Metanik Olmayan HC	4,37	PAH	7,14E-4
CO ₂	2,24E+1	Aromatik HC	4,66E-2
CO	1,59E+3	Klorlu HC	4,79E-5
NH ₃	1,97E+1	NH ₄	1,20E-1
HF	9,76E-5	NO ₃	3,60E-2
N ₂ O	8,67E-2	N _{TOPLAM}	1,17E-1
HCl	7,34E-3	As	7,16E-5
SO _x	5,41	Cl ⁻	2,92E+1
NO _x	6,46E+1	CN ⁻	2,16E-4
Pb	1,92E-4	PO ₄	1,42E-3
Cd	3,49E-5	SO ₄	1,03
Mn	2,94E-6	S ²⁻	1,72E-3
Ni	1,73E-3	Al	1,44E-2
Hg	3,59E-6	Ba	1,38E-1
Zn	1,15E-3	Pb	1,48E-4
Metal	1,13E-2	Cd	6,07E-5
		Cr	6,04E-4
		Fe	3,07E-2
		Cu	1,69E-4
		Ni	2,24E-4
		Hg	5,4E-7
		Zn	6,39E-4
		Metal	3,36E-1

Tesis işletilmesinde aydınlatma, yemekhane, idari ofis ve ısıtma/soğutma gibi sistemlerde elektrik enerjisine ihtiyaç duyulmaktadır. Evsel katı atık yönetiminde enerji ve elektriğin kullanımında çevresel etkiler ortaya çıkmaktadır. Aktarma istasyonunun işletilmesinde kullanılan elektriğin enerji, emisyon ve atık değerlerinin kWh başına yaşam döngüsü envanteri Çizelge 4.6'da verilmiştir (White ve ark. 1990).

Çizelge 4.6. 1 kWh Elektrik Kullanımının Yaşam Döngüsü Envanteri

Enerji Tüketimi (MJ)	9,5		
Hava Emisyonları (mg)		Su Emisyonları (mg)	
Partikül	197	BOİ	0,15
CO ₂	441 657	KOİ	0,44
CO	349	Toplam Organik Bileşik	4,7
NH ₃	0,49	Askıda Madde	0,15
N ₂ O	70	NH ₄	0,62
SO _x	2 502	Fe	0,003
NO _x	1 236	NO ₃	1,32
Toplam HC	2 112	Cl ⁻	0,02
HF	0,01	F ⁻	1,335
Katı Atık Oluşumu (g)	49,1		

4.3. Aktarma İstasyonunun Mevcut Durumda İşletilmesi Halinde Oluşan Etkiler

Sistem sınırları (Bkz. Şekil 3.9) ilçe belediyelerin, aktarma istasyonun ve aktarma işleminin çevresel etkileri belirlenmiş olup aktarma istasyonun mevcut hali ile işletilmesi durumunda ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonundan düzenli depolama tesisine kadar olan sürecin etkileri ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metoduna göre hesaplanmıştır. ReCipe Endpoint metoduna göre iklim değişikliği, ozon tabakası, insan toksisitesi, fotokimyasal oksidan oluşumu, partikül madde oluşumu ve iyonlaştırıcı radyasyon ile insan sağlığı üzerinde etkileri DALY biriminde; karasal asitlenme, tatlısu ötrofikasyonu, karasal ekotoksisite, tatlı su ekosistemi, deniz ekosistemi, tarım arazisi işgali ve doğal arazi dönüşümü ile türler üzerinde etkileri species.yr biriminde; metal kaynak tükenmesi ve fosil kaynak tükenmesi ile kaynak kullanımı üzerinde etkileri \$ biriminde gösterilmektedir. Seçimlerin zararlarını göz önünde bulundurmanın önemli etkisi insan ve ekosistem sağlığını etkilemesidir. DALY, etki ve zararlara bağlı kaybedilen yaşam yılı ile bedensel engele sebep olabilecek yılların toplamını ifade eder. Species.yr etki ve zararların sonucunda, ekosistem kalitesi için bilinen türlerin yok oluşuna sebep olacak zaman aralığını ifade etmektedir. \$ (2013 kuru) ise metal ve fosil kaynak kullanımı üzerinde artan maliyetleri ifade eder (Goedkoop ve ark. 2013, Huijbregts ve ark. 2016). ReCipe Endpoint metoduna göre DALY, species.yr ve \$ birimlerine karşılık gelen emisyon ve kaynakların eşdeğer birimleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. DALY, species.yr ve \$ eşdeğer birimleri (Huijbregts ve ark. 2016)

İNSAN SAĞLIĞI ETİKLERİ	EŞDEĞER BİRİM	DALY
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	kg CO ₂	9,3E-07
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	kg CFC-11	5,3E-04
İYONLAŞTIRICI RADYASYON	kBq ⁶⁰ Co	8,5E-09
PARTİKÜL MADDE OLUŞUMU	kg PM _{2.5}	6,3E-04
FOTOKİMYASAL OKSİDAN OLUŞUMU	kg NMVOC ⁶	9,1E-07
KANSEROJENİK TOKSİSİTE	kg 1,4-DCB	3,3E-06
KANSEROJENİK OLMAYAN TOKSİSTE	kg 1,4-DCB	6,7E-09
EKOSİSTEME ETKİLERİ		species.yr
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ	kg CO ₂	2,8E-09
KARASAL ASİTLENME	kg SO ₂	2,1E-07
KARASAL EKOTOKSİSİTE	kg 1,4-DCB	5,4E-08
TARIM ARAZİSİ İŞGALİ	m ²	8,9E-09
TATLI SU ÖTROFİKASYONU	kg P	6,1E-07
TATLI SU EKOTOKSİSİTESİ	kg 1,4-DCB	7,0E-10
DENİZ EKOTOKSİSİTESİ	kg 1,4-DCB	1,1E-10
KAYNAK KULLANIMINA ETKİLERİ		\$
METAL KAYNAK TÜKENMESİ	kg Cu	0,16
FOSİL KAYNAK TÜKENMESİ	kg Ham Yağ	0,46
	kg Kömür	0,03
	m ³ Doğal Gaz	0,30

Çizelge 4.7’de insan sağlığı ve ekosistem etki kategorilerinde yer alan faktörlerin etkileri aşağıda belirtildiği gibi açıklanabilir.

- Kükürt dioksitin (SO₂) atmosferdeki yağmur suyu ile reaksiyona girmesi sonucu asit yağmuru meydana gelmektedir. Asit yağmuru sonucu sınırları büyük ölçüde etkileyen ekosistem bozulmaları meydana gelmektedir.
- İklim değişikliği, insan faaliyeti sonucu sera gazı (CO₂) oluşumuna bağlı olarak küresel sıcaklıktaki değişimi ifade etmektedir.
- Çevresel ekotoksiste, ağır metallerin etkisi altında tatlısu, deniz ve karasal ekotoksisteyi içeren 1,4-DCB eşdeğer birimde ifade edilen etkendir.
- Ötrofikasyon, ekosistemde anormal üretkenliğe neden olan kimyasal besin konsantrasyonunun birikmesidir. Ötrofikasyon, alglerin aşırı hızlı üremesine bağlı olarak tatlı sularda hayvan popülasyonunu ve tatlısu kalitesini olumsuz yönde etkileyen faktördür.

- İyonlaştırıcı radyasyon, radyonükleid emisyonlarının (α -, β -, γ -rays and nötronlar) insan ve ekosistem sağlığı üzerinde olumsuz yönde etkilere neden olan YDA etki kategorisidir.

- Tarım arazisi işgali türlerin ortadan kaybolma fraksiyonu olarak tanımlanmaktadır.

- Ozon tabakasının incelmesine neden olan klorlu ve bromlu bileşikler gibi farklı gazların etkisini YDA'da göstermektedir.

- Ozon, stratosferde koruyucu özelliğe sahip olmakla birlikte yer seviyesinde yüksek konsantrasyonda insan sağlığı için zararlı kimyasaldır. Ayrıca "Yer Seviyesi Ozonu" olarak da adlandırılan fotokimyasal ozon, sıcaklık ve güneş ışığının varlığında, uçucu organik bileşiklerin ve azot oksitlerin reaksiyonundan oluşmaktadır (Anonim, 2015d)

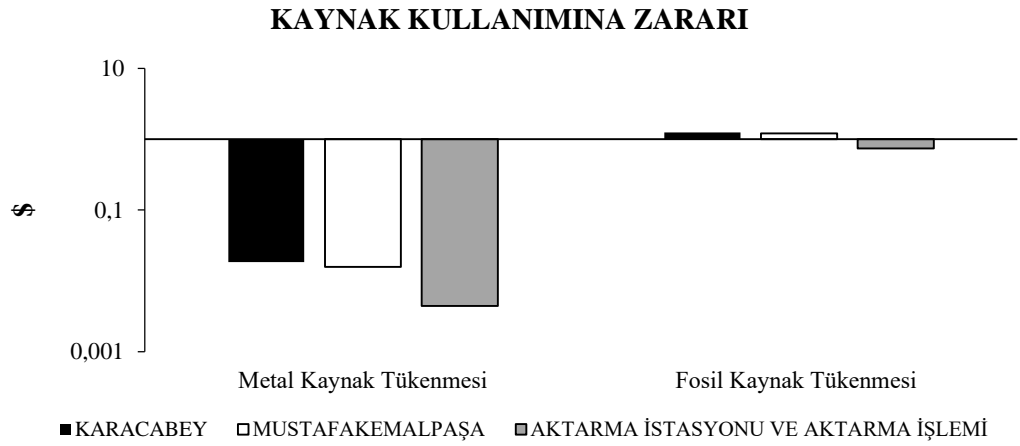
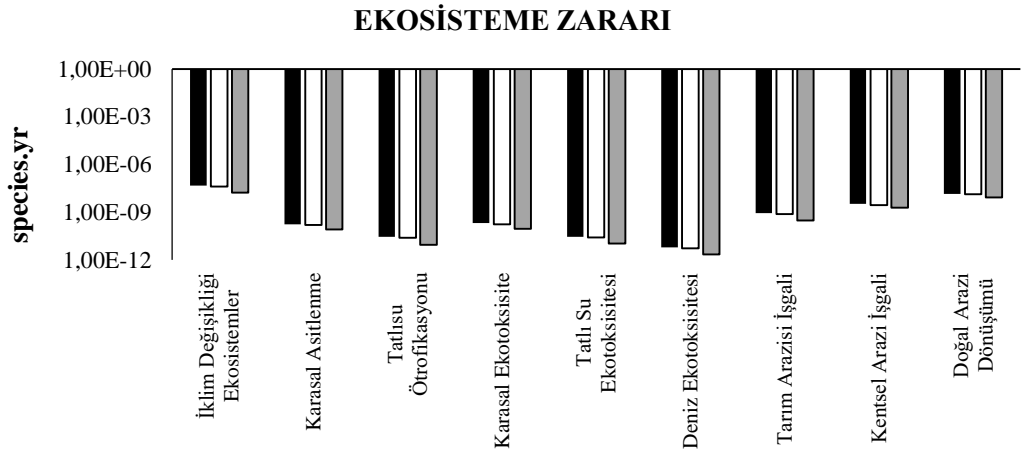
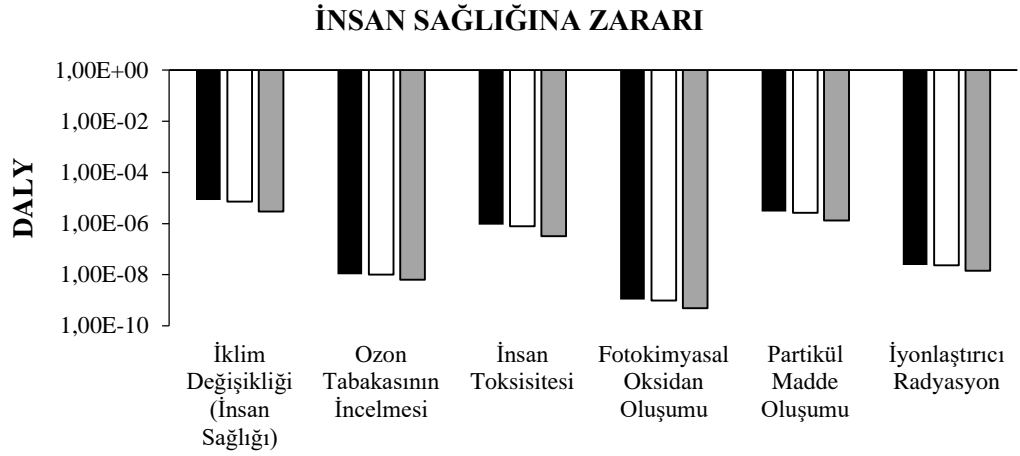
- Toplama taşıma ve aktarma işleminde araçlarda dizel yakıt kullanılmakta olup, Çizelge 4.5'de yer alan yaşam döngüsü envanterine göre, 1 kg dizel yakıtın kullanımı durumunda $1,69E-4$ g Bakır (Cu) hava kirleticisi olarak ortaya çıkmaktadır. Çizelge 4.6'da ise ReCİpe Endpoint metodunda metal kaynak kullanımında yer alan 1 kg bakırın etkisi 0,16 \$ olarak belirtilmiştir.

Mevcut durum sistem sınırları (Bkz Şekil 3.9) içerisinde veriler, ReCİpe Endpoint metodu kullanılarak yazılım üzerinde hesaplanmış olup, sonuçlar Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Mevcut durum için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)

ETKİ KATEGORİSİ	BİRİM	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (İNSAN SAĞLIĞI)	DALY	8,33E-06	7,28E-06	2,92E-06
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	DALY	1,05E-08	1,03E-08	6,34E-09
İNSAN TOKSİSİTESİ	DALY	9,18E-07	7,86E-07	3,18E-07
FOTOKİMYASAL OKSİDAN OLUŞUMU	DALY	1,08E-09	9,84E-10	4,94E-10
PARTİKÜL MADDE OLUŞUMU	DALY	2,94E-06	2,65E-06	1,32E-06
İYONLAŞTIRICI RADYASYON	DALY	2,42E-08	2,36E-08	1,44E-08
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (EKOSİSTEMLER)	species.yr	4,72E-08	4,12E-08	1,65E-08
KARASAL ASİTLENME	species.yr	1,69E-10	1,57E-10	8,19E-11
TATLISU ÖTROFİKASYONU	species.yr	2,79E-11	2,44E-11	8,69E-12
KARASAL EKOTOKSİSİTE	species.yr	2,07E-10	1,74E-10	9,02E-11
TATLI SU EKOTOKSİSİTESİ	species.yr	2,80E-11	2,50E-11	1,05E-11
DENİZ EKOTOKSİSİTESİ	species.yr	6,05E-12	5,25E-12	2,17E-12
TARIM ARAZİSİ İŞGALİ	species.yr	8,48E-10	7,39E-10	2,93E-10
KENTSEL ARAZİ İŞGALİ	species.yr	3,34E-09	2,81E-09	1,86E-09
DOĞAL ARAZİ DÖNÜŞÜMÜ	species.yr	1,40E-08	1,36E-08	8,40E-09
METAL KAYNAK TÜKENMESİ	\$	0,0184	0,0157	0,004
FOSİL KAYNAK TÜKENMESİ	\$	1,245	1,215	0,7431

YDA sonuçlarına göre elde edilen her bir sonuç insan sağlığı, ekosistem ve kaynak üzerinde etkileri her biri kendi içerisinde, süreç bazlı Şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9. Mevcut durum için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)

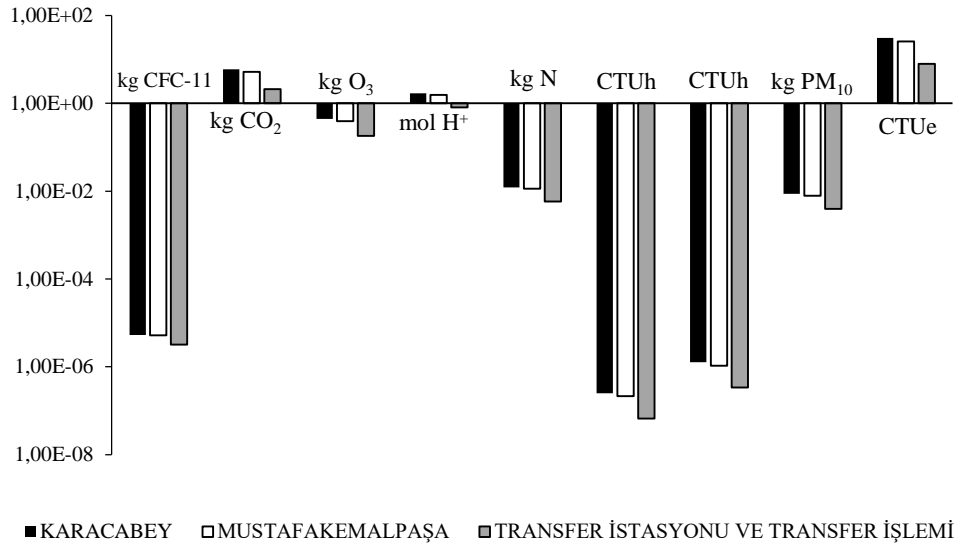
Şekil 4.8'e göre mevcut durum için Karacabey ilçesinin aktarma istasyonuna olan uzaklığı göz önünde bulundurulduğunda ilçenin toplama ve taşıma sektöründe insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımı üzerinde etkilerinin Mustafakemalpaşa ve

aktarma istasyonu-aktarma işlemine göre daha fazla olduğu görülmektedir. Aktarma istasyonundan düzenli depolama sahasına giden araçların ton başına düşen kat ettikleri mesafe ve yakıt miktarının daha düşük olmasından dolayı insan, ekosistem ve kaynak kullanıma etkileri daha düşük çıkmaktadır. Karacabey, Mustafakemalpaşa ilçelerinde ve Aktarma işleminde iklim değişikliğinin insan sağlığına etkisinin en fazla olduğunu sonuçlar ortaya koymaktadır. İklim değişikliğinde DALY eşdeğer birimi kg CO₂ olup, dizelin yaşam döngüsü envanterine göre bir kg dizel yakıtın kullanımında oluşan CO₂ miktarına (2,24E+1 g) bağlı etkilerinin daha fazla olduğu sonucuna varılmaktadır. Vukelic ve ark. (2018) YDA'da atık kiraz çekirdeklerinden elde ettikleri adsorban üretiminin fonksiyonel birim 1 kg üzerinden etkilerini incelemişlerdir. Toplanan 1,37 kg kiraz çekirdek azami yüklü ağırlığı 3500 kg olan kamyonet ile taşınmıştır. Kiraz çekirdeklerinin taşınması sonucu elde ettikleri sonuçlara göre iklim değişikliğinin insan sağlığı üzerine etkisi 1,48E-07 DALY, ekosisteme etkisi 8,39E-10 species.yr ve fosil kaynak kullanımına etkisi 0,005914 olarak hesaplanmıştır. Bu çalışmada aktarma ve toplama, taşıma işleminde olduğu gibi kullanılan yakıt miktarı insan ve çevre sağlığı normları üzerinde etkiye sahiptir.

Orta nokta metodu TRACI 2 kullanılarak ozon tabakasının incelenmesi, küresel ısınma, kirli hava oluşumu, asidifikasyon, ötrofikasyon, kanserojenik, kanserojenik olmayan, solunum etkileri ve ekotoksisite üzerindeki etkileri belirlenmiştir. ReCipe Endpoint metodundaki veriler sabit kalarak yazılım üzerinden metot değişikliği ile sonuçlar belirlenmiştir. İlçe belediyelerin aktarma istasyonu olması durumunda TRACI 2 metodu kullanılarak ozon tabakasının incelenmesi kg CFC-11, küresel ısınma kg CO₂, kirli hava oluşumu kg O₃, asidifikasyon mol H⁺, ötrofikasyon kg N, kanserojenik, kanserojenik olmayan CTUh (Karşılaştırmalı Toksisite Birimi), solunum etkileri kg PM₁₀ ve ekotoksisite CTUe eşdeğer birimlerinde etkiler belirlenmiştir. Mevcut durum için zarar sonuçları Çizelge 4.9'da verilmiş, Şekil 4.10'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.9. Mevcut durum için insan ve çevre sağlığına etkileri (TRACI 2)

ETKİ KATEGORİSİ	BİRİM	KARACABEY	MUSTAFAKEMAL PAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	kg CFC-11	5,29E-06	5,18E-06	3,20E-06
KÜRESEL ISINMA	kg CO ₂	5,9458238	5,1978963	2,0849394
KİRLİ HAVA OLUŞUMU	kg O ₃	0,43831822	0,39086982	0,18170048
ASİDİFİKASYON	mol H ⁺	1,6940371	1,5635276	0,80364356
ÖTROFİKASYON	kg N	0,012209565	0,011370038	0,00582175
KANSEROJENİK	CTUh	2,49E-07	2,14E-07	6,61E-08
KANSEROJENİK OLMAYAN	CTUh	1,26E-06	1,07E-06	3,41E-07
SOLUNUM ETKİLERİ	kg PM ₁₀	0,008656818	0,00780046	0,00393845
EKOTOKSİSİTE	CTUe	30,646808	25,775703	7,851302



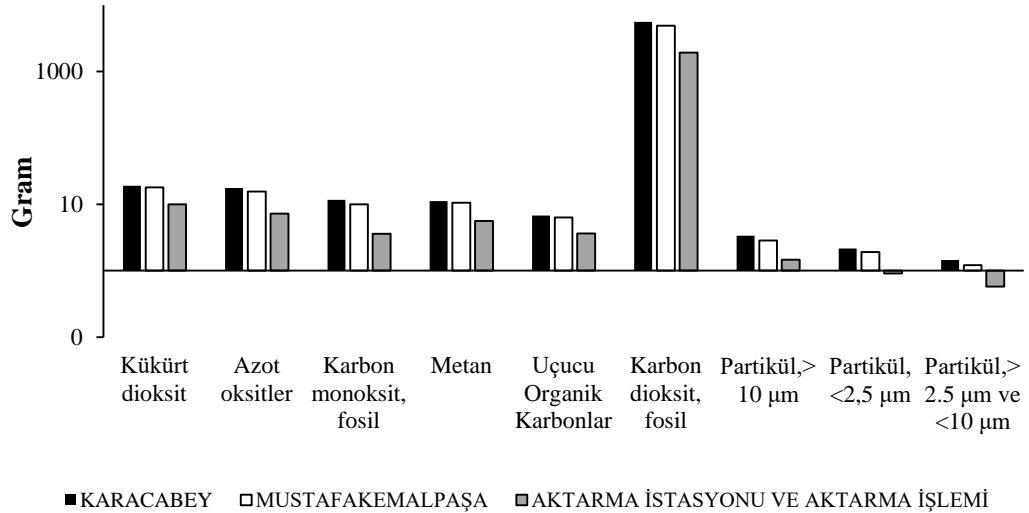
Şekil 4.10. Mevcut durum için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)

ReCipe Endpoint metodunda olduğu gibi TRACI 2 metoduna göre mevcut durum için ozon tabakasının incelenmesi, küresel ısınma, kirli hava oluşumu asidifikasyon, ötrofikasyon, kansorejenik, kansorejenik olmayan, solunum etkileri ve ekotoksiste üzerinde en büyük etkiye sahip Karacabey ilçesidir. Çizelge 4.9 incelendiğinde CFC-11, CO₂, O₃, N ve PM₁₀ kirleticileri kg biriminde verilmiş olup, ilçe belediyelerden ve aktarma istasyonundan taşınan atık miktarı (ton) başına kg CO₂ miktarı fazla olup, dizel yakıtın kullanımının yaşam döngüsü envanteri ile paralellik gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Çevresel sorunlara neden olan hava emisyonları ile ilişkilendirilen kimyasallar ve organik bileşenler TRACI 2 metodu kullanılarak yazılım üzerinde

belirlenmiş olup, en fazla etkiye sahip olanlar Çizelge 4.10'da verilmiş olup Şekil 4.11'de sonuçlar gösterilmiştir.

Çizelge 4.10. Mevcut durum için kirletici kimyasal ve organik kirletici miktarları (TRACI 2)

KİRLETİCİLER	BİRİM	KARACABEY	MUSTAFAKEMALPAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
KÜKÜRT DİOKSİT (SO ₂)	g	19,07	18,06	9,95
AZOT OKSİTLER (NO _x)	g	17,55	15,64	7,25
KARBON MONOKSİT, FOSİL (CO)	g	11,61	10,02	3,61
METAN (CH ₄)	g	11,15	10,49	5,60
UÇUCU ORGANİK KARBONLAR (VOC)	g	6,78	6,35	3,63
KARBON DİOKSİT, FOSİL (CO ₂)	g	5600	4880	1920
PARTİKÜL, > 10 µm	g	3,37	2,85	1,45
PARTİKÜL, <2,5 µm	g	2,14	1,90	0,91
PARTİKÜL, > 2.5 µm ve <10 µm	g	1,44	1,21	0,57



Şekil 4.11. Mevcut durum için kirletici miktarları (TRACI 2)

Mevcut durum için ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metodlarında çevresel ve insan sağlığı üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu gibi, Karacabey ilçesinin TRACI 2 metodolojisinde yer alan hava emisyon kirleticilerinin miktarının, Mustafakemalpaşa ve aktarma istasyonu-aktarma işleminden daha fazla olduğunu sonuçlar ortaya koymaktadır. Bunun temel nedeni Karacabey ilçesinin aktarma istasyonuna olan uzaklığına bağlı yakıt kullanım miktarındaki artıştır. Aktarma istasyonunda araçların dizel yakıt kullanımının yanı sıra işletme sırasında kullanılan su tüketiminin ve enerji

kullanımının etkileri söz konusudur. Bu kapsamda aktarma istasyonunda 1 kwh enerji tüketiminde 441 657 mg CO₂ oluşumu da insan ve çevre sağlığı üzerinde etkiye sahiptir.

4.4. Aktarma İstasyonu Olmaması Durumunda (Senaryo 1) Oluşan Etkiler

Aktarma istasyonun olmadığı durum Senaryo 1 olarak ifade edilmiş olup, tanımlanan sistem sınırları (Bkz. Şekil 3.11) için ilçe belediyelerden ortaya çıkan çevresel etkileri ReCipe Endpoint metoduna göre insan, ekosistem sağlığı ve kaynak kullanımına etkileri Çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11. Senaryo 1 için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)

ETKİ KATEGORİSİ	BİRİM	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (İNSAN SAĞLIĞI)	DALY	3,04E-05	2,72E-05
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	DALY	3,70E-08	3,70E-08
İNSAN TOKSİSİTESİ	DALY	3,37E-06	2,95E-06
FOTOKİMYASAL OKSİDAN OLUŞUMU	DALY	3,90E-09	3,63E-09
PARTİKÜL MADDE OLUŞUMU	DALY	1,06E-05	9,80E-06
İYONLAŞTIRICI RADYASYON	DALY	8,54E-08	8,52E-08
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (EKOSİSTEMLER)	species.yr	1,72E-07	1,54E-07
KARASAL ASİTLENME	species.yr	6,07E-10	5,76E-10
TATLISU ÖTROFİKASYONU	species.yr	1,02E-10	9,10E-11
KARASAL EKOTOKSİSİTE	species.yr	7,62E-10	6,57E-10
TATLI SU EKOTOKSİSİTESİ	species.yr	1,01E-10	9,27E-11
DENİZ EKOTOKSİSİTESİ	species.yr	2,21E-11	1,96E-11
TARIM ARAZİSİ İŞGALİ	species.yr	3,10E-09	2,76E-09
KENTSEL ARAZİ İŞGALİ	species.yr	1,23E-08	1,06E-08
DOĞAL ARAZİ DÖNÜŞÜMÜ	species.yr	4,92E-08	4,92E-08
METAL KAYNAK TÜKENMESİ	\$	0,067652156	0,059051976
FOSİL KAYNAK TÜKENMESİ	\$	4,3889475	4,3866196

Çizelge 4.11 incelendiğinde Karacabey ilçesinin insan sağlığı üzerine etkisi %52,61, çevre sağlığı üzerine etkisi %52,21 ve kaynak kullanımına etkisi ise %50,06 oranındadır. Aktarma istasyonun olmaması durumunda ilçe belediyelerin toplama ve taşıma araçları düzenleme depolama tesisine doğrudan gidecektir. Araçların kat ettikleri mesafelerde artış meydana gelecek olup yakıt miktarları da buna bağlı olarak artış gösterecektir. Senaryo 1 için Mustafakemalpaşa ilçesinde görev yapan araçların düzenli depolama tesisine daha uzak olmasına rağmen şehir içi rotalarının Karacabey ilçesine göre daha kısa olmasından kaynaklı kat ettikleri mesafe daha azdır. Mevcut araçlarla

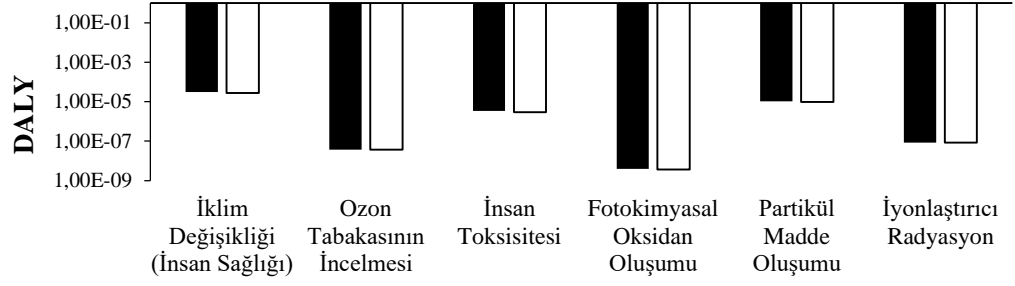
evsel nitelikli katı atıkları toplama ve taşıma işlemi göz önünde bulundurulmuş olup, yeni oluşan yakıt miktarı ve yol miktarı Çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12. Senaryo 1 için ilçelerin toplama ve taşıma araçlarının kat ettikleri yol uzunluğu ve yakıt miktarı bilgileri

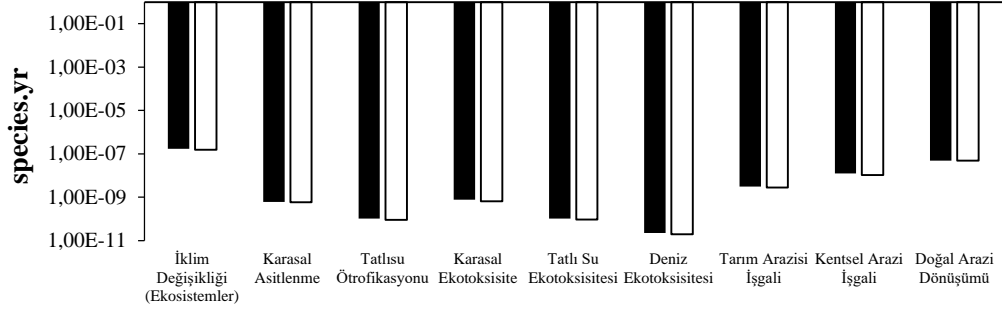
	KARACABEY	MUSTAFAKEMALPAŞA
Yol Uzunluğu (km)	783 336	760 405
Yakıt Miktarı (litre)	634 479	777 238
Yakıt/Ton (Litre/ton)	22,896	23,827
Mesafe/Ton (km/ton)	28,268	23,311

İlçe belediyelerde mevcut durum için evsel katı atıkları toplama ve taşıma görevinde olan araçların aktarma istasyonuna kat ettikleri yol ve harcadıkları yakıt miktarları ilçe belediyelerden elde edilmiştir. YDA, ReCipe Endpoint metodunun sonuçlarına göre Senaryo 1 için elde edilen sonuçlar Şekil 4.12’de verilmiştir.

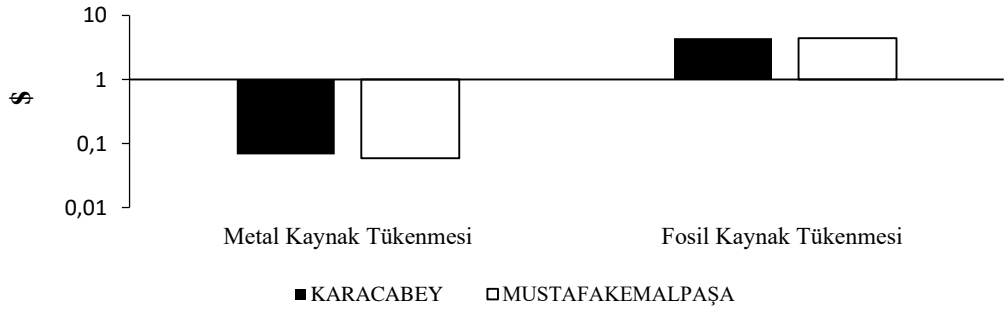
İNSAN SAĞLIĞINA ZARARI



EKOSİSTEME ZARARI



KAYNAK KULLANIMINA ZARARI



Şekil 4.12. Senaryo 1 için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)

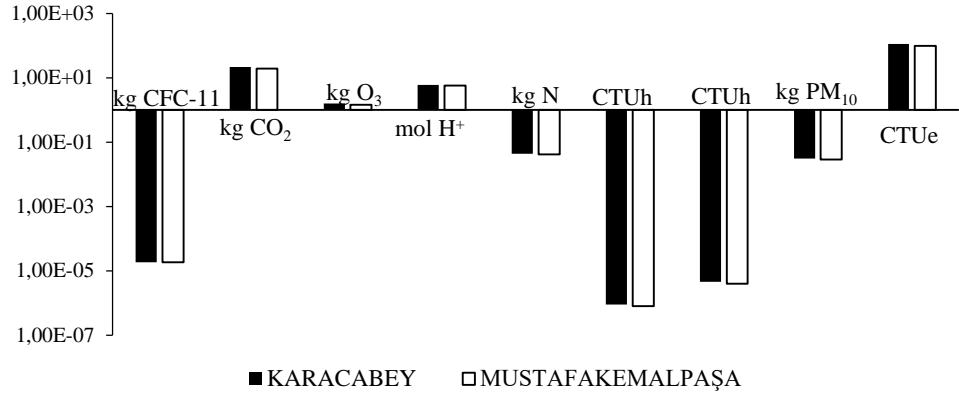
Ton başına kullanılan yakıt miktarının ilçe belediyelerde birbirine yakın olmasından dolayı ton başına kat edilen yol miktarının Karacabey ilçesinin etkisini ön plana çıkardığı görülmektedir. Çizelge 4.12 incelendiğinde Senaryo 1 için SimaPro yazılımı ReCipe Endpoint metoduna göre Karacabey ilçesinin insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkisinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Aktarma istasyonunun olmaması durumunda mevcut araçların atık taşıma mesafesine bağlı yakıt kullanımı artışından ve araçlarda taşınan organik fraksiyonun bozunmasından kaynaklanan CO₂ oluşumuna katkısı artacaktır. Ayrıca toplama ve taşıma sırasında kullanılan yakıt neticesinde oluşan SO_x, NO_x, HCl ve NH₃ asitlenme yüküne katkı sağlayan

kirleticilerde artış meydana gelecektir. Kullanılan yakıt miktarındaki artış fosil yakıtların ana tüketicisi olması sebebi ile abiyotik tüketime de etki etmektedir. Senaryo 1 için TRACI 2 metodu kullanılarak insan ve çevre sağlığına etkileri belirlenmiş olup Çizelge 4.13’de verilmiş ve Şekil 4.12’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Senaryo 1 için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)

ETKİ KATEGORİSİ	BİRİM	KARACABEY	MUSTAFAKEMALPAŞA
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	kg CFC-11	1,86E-05	1,87E-05
KÜRESEL ISINMA	kg CO ₂	21,682155	19,39152
KİRLİ HAVA OLUŞUMU	kg O ₃	1,5891173	1,4493928
ASİDİFİKASYON	mol H ⁺	6,0780102	5,7383878
ÖTROFİKASYON	kg N	0,043684703	0,041620118
KANSEROJENİK	CTUh	9,12E-07	8,03E-07
KANSEROJENİK OLMAYAN	CTUh	4,65E-06	4,02E-06
SOLUNUM ETKİLERİ	kg PM ₁₀	0,031287897	0,028834388
EKOTOKSİSİTE	CTUe	112,98136	97,323722

Ozon tabakasının incelenmesi, iklim değişikliğine katkıda bulunanlar arasında en önemli faktörlerden birisidir. Günümüzde kimyasal ürünlerin içerisinde bulunan kirleticilerin salınımına bağlı olarak ozon tabakasının incelenmesi söz konusudur. Kloroflorokarbonlar, karbon tetraklorür, metil kloroform, halojenler, hidrokloroflorokarbonlar, hidrobromoflorokarbonlar ve metil bromür ozon tabakasının incelenmesine neden olan ana kirleticilerin başında gelir (Biçer ve Dinçer 2017, Mendez ve Rodriguez 2018). TRACI 2 metodu verileri ışığında Çizelge 4.12’de verilen birim ton başına yakıt ve mesafe envanterine göre Senaryo 1 için Mustafakemalpaşa ilçesinin, yakıt kullanımında artışa bağlı olarak ozon tabakasının incelenmesinde daha etkilidir. Karacabey ilçesinin ise yakıt kullanımı ile birlikte düzenli depolama tesisine kat edeceği mesafenin Mustafakemalpaşa ilçesine göre daha fazla olmasından kaynaklı olarak kirli hava oluşumu, asidifikasyon, ötrofikasyon, kanserojenik/kanserojenik olmayan, solunum etkileri ve ekotoksisite setlerinde çevresel etkisinin daha fazla olduğu sonucu Şekil 4.13’de gösterilmektedir.

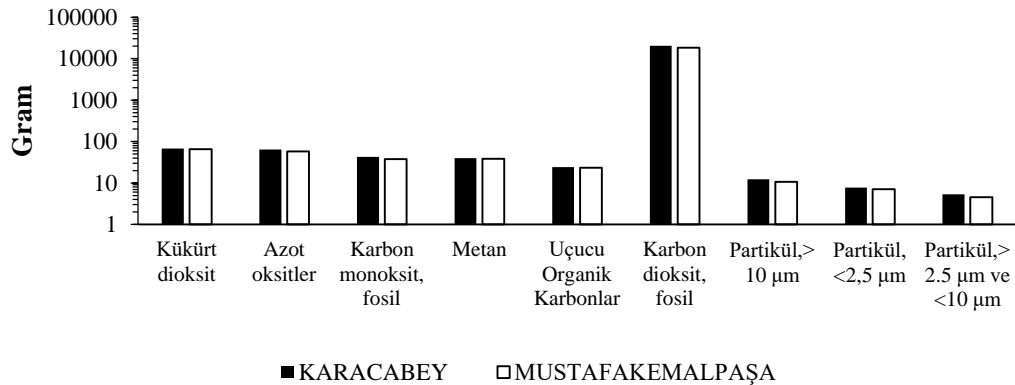


Şekil 4.13. Senaryo 1 için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)

Senaryo 1 için yazılım içindeki veri tabanında belirlenen hava emisyonu olarak oluşan kirlenici kimyasalların ve organik bileşenlerin miktarları Çizelge 4.14’de verilmiş, Şekil 4.14’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.14. Senaryo 1 için kirlenici kimyasal ve organik kirlenici miktarları (TRACI 2)

KİRLETİCİLER	BİRİM	KARACABEY	MUSTAFAKEMALPAŞA
KÜKÜRT DİOKSİT (SO ₂)	g	67,89	65,80
AZOT OKSİTLER (NO _x)	g	63,63	58,00
KARBON MONOKSİT, FOSİL (CO)	g	42,52	37,53
METAN (CH ₄)	g	39,75	38,28
UÇUCU ORGANİK KARBONLAR (VOC)	g	24,22	23,22
KARBON DİOKSİT, FOSİL (CO ₂)	g	20 440	18 220
PARTİKÜL, > 10 µm	g	12,39	10,73
PARTİKÜL, <2,5 µm	g	7,79	7,06
PARTİKÜL, > 2.5 µm ve <10 µm	g	5,31	4,57



Şekil 4.14. Senaryo 1 için kirlenici kimyasal ve organik kirlenici miktarları (TRACI 2)

Kirleticiler incelendiğinde en fazla salınma sahip olan birleşik karbondioksittir. Hava kirletici emisyonlarının Karacabey ilçesinin etkisi Mustafakemalpaşa ilçesine göre daha fazla olduğu gözlenmektedir.

4.5. Aktarma İstasyonunun Farklı Konumda Olması Durumunda (Senaryo 2) Oluşan Etkiler

Aktarma istasyonunun Karacabey ilçesi sınırları (Bkz. Şekil 3.12) içerisinde, iki ilçenin yol güzergahları açısından kesişim noktasında olması durumu Senaryo 2 olarak tanımlanmış olup, sistem sınırları (Bkz Şekil 3.9) mevcut durum ile benzerlik göstermektedir. Ancak gelen evsel nitelikli katı atıkları toplama ve taşımada görev yapan araçların kullandıkları yakıt miktarlarında farklılık meydana geleceğinden dolayı çevresel etkiler farklılık gösterecektir. Kullandıkları yakıt miktarları ve mesafe miktarları değişmekte olup veriler Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15. Aktarma istasyonunun farklı konumda olması durumunda envanter verileri

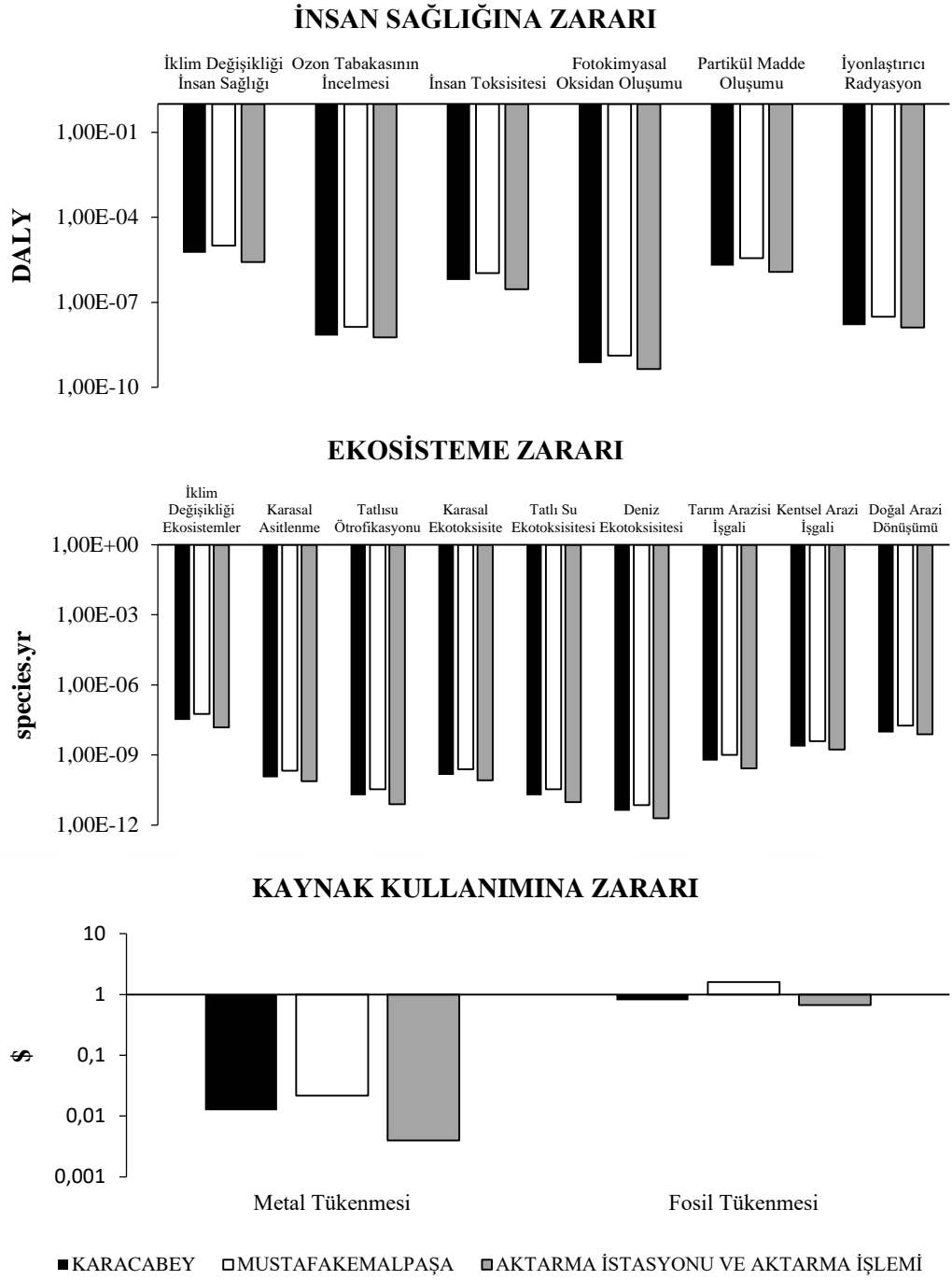
	KARACABEY	MUSTAFAKEMALPAŞA	AKTARMA İŞLEMİ
Yol Uzunluğu (Km)	143 712	278 365	371 244,14
Yakıt Miktarı (Litre)	116 452	284 527	214 667,38
Yakıt Miktarı/Ton	4,202	8,722	3,608
Mesafe Miktarı/Ton	5,186	8,534	6,24

Aktarma istasyonunun farklı konumda yer almasından kaynaklı olarak Karacabey ilçesindeki araçların harcayacakları yakıt ve kat edecekleri yol miktarları azalış göstermekte iken Mustafakemalpaşa ilçesinin ise artış göstermektedir. Bu veriler ışığında çevresel etkiler belirlenmiş olup, Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Senaryo 2 için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)

ETKİ KATEGORİSİ	BİRİM	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (İNSAN SAĞLIĞI)	DALY	5,57E-06	9,95E-06	2,64E-06
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	DALY	6,78E-09	1,36E-08	5,72E-09
İNSAN TOKSİSİTESİ	DALY	6,18E-07	1,08E-06	2,87E-07
FOTOKİMYASAL OKSİDAN OLUŞUMU	DALY	7,16E-10	1,33E-09	4,46E-10
PARTİKÜL MADDE OLUŞUMU	DALY	1,95E-06	3,59E-06	1,19E-06
İYONLAŞTIRICI RADYASYON	DALY	1,57E-08	3,12E-08	1,30E-08
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (EKOSİSTEMLER)	species.yr	3,16E-08	5,63E-08	1,49E-08
KARASAL ASİTLENME	species.yr	1,11E-10	2,11E-10	7,39E-11
TATLISU ÖTROFİKASYONU	species.yr	1,87E-11	3,33E-11	7,84E-12
KARASAL EKOTOKSİSİTE	species.yr	1,40E-10	2,41E-10	8,14E-11
TATLISU EKOTOKSİSİTESİ	species.yr	1,86E-11	3,39E-11	9,45E-12
DENİZ EKOTOKSİSİTESİ	species.yr	4,06E-12	7,19E-12	1,96E-12
TARIM ARAZİSİ İŞGALİ	species.yr	5,68E-10	1,01E-09	2,65E-10
KENTSEL ARAZİ İŞGALİ	species.yr	2,26E-09	3,89E-09	1,68E-09
DOĞAL ARAZİ DÖNÜŞÜMÜ	species.yr	9,03E-09	1,80E-08	7,59E-09
METAL TÜKENMESİ	\$	0,01241265	0,021619322	0,003982263
FOSİL TÜKENMESİ	\$	0,8054929	1,6059488	0,67092994

YDA sonuçlarına göre aktarma istasyonunun farklı konumda olması durumunda elde edilen her bir sonuç Şekil 4.15’de gösterilmiştir.



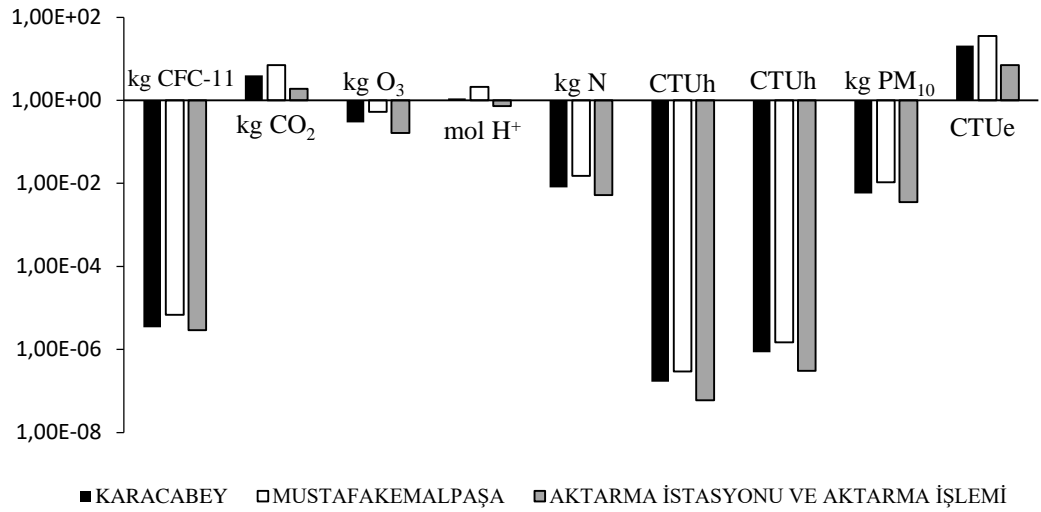
Şekil 4.15. Senaryo 2 için insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)

Senaryo 2 için Mustafakemalpaşa ilçesinin insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkisinin Karacabey ilçesine Aktarma istasyonunun işletilmesi ve aktarma işlemine göre daha fazla olduğu Şekil 4.15 incelendiğinde anlaşılmaktadır. Bunun nedeni ise aktarma istasyonunun Karacabey ilçe sınırında yer almasından kaynaklı

Mustafakemalpaşa ve aktarma istasyonu arasındaki mesafenin artışından kaynaklanmaktadır. Senaryo 2’de insan sağlığı ve ekosistem üzerinde iklim değişikliğinin etkisi ilçe belediyelerde ve aktarma istasyonunda en önemli etki normu olup, partikül madde oluşumunun insan sağlığı üzerindeki etkileri diğer önemli bir sorundur. Partikül madde oluşumu, yoğun nüfuslu bölgelerdeki yerel kirlilik göstergelerinden biridir. Partikül madde SO₂, NO_x ve NH₃ gibi kirleticilerin atmosferde gerçekleştirecekleri reaksiyon sonucu oluşacağı gibi araçlarda yakıt kullanımına bağlı olarak atmosfere verilmektedir (Mierlo ve ark. 2017). Çizelge 4.15’de yer alan veriler incelendiğinde Mustafakemalpaşa ilçesinde görev alan araçların yakıt kullanımındaki artışa paralel olarak partikül madde oluşumunda artış meydana gelmektedir. Senaryo 2 için TRACI 2 metodu kullanılarak yazılımdan çıkan sonuçlar Çizelge 4.17’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 4.16’da gösterilmiştir.

Çizelge 4.17. Senaryo 2 için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)

ETKİ KATEGORİSİ	BİRİM	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	kg CFC-11	3,42E-06	6,84E-06	2,89E-06
KÜRESEL ISINMA	kg CO ₂	3,9783709	7,0993465	1,8821219
KİRLİ HAVA OLUŞUMU	kg O ₃	0,29159184	0,53062991	0,16402786
ASİDİFİKASYON	mol H ⁺	1,1153493	2,100845	0,72552164
ÖTROPİKASYON	kg N	0,00801654	0,015237265	0,005255948
KANSEROJENİK	CTUh	1,67E-07	2,94E-07	5,97E-08
KANSEROJENİK OLMAYAN	CTUh	8,53E-07	1,47E-06	3,07E-07
SOLUNUM ETKİLERİ	kg PM ₁₀	0,00574123	0,010556402	0,003555397
EKOTOKSİSİTE	CTUe	20,729019	35,630914	7,0869645

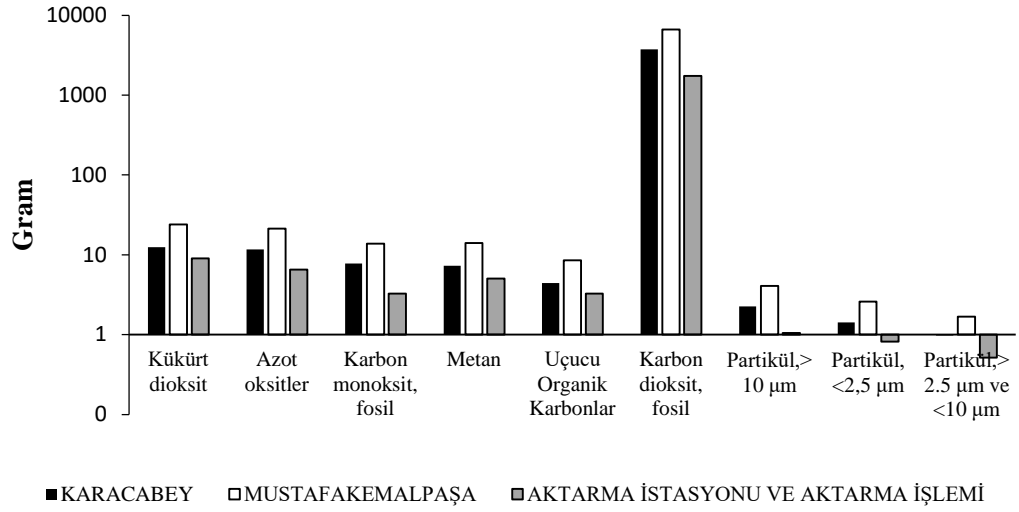


Şekil 4.16. Senaryo 2 için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)

Senaryo 2 için veriler incelendiğinde Mustafakemalpaşa ilçesinin aktarma istasyonuna olan uzaklığının artmasından dolayı çevresel yüklerinde artış gözlenmektedir. İlçenin çevresel etkileri Karacabey ilçesine aktarma istasyonunun işletilmesi ve aktarma işlemine göre daha fazladır. Şekil 4.16'da kg biriminde yer alan etki norm eşdeğerlerinde CO₂ oluşumundan sonra PM₁₀ en fazla emisyon miktarına sahip kirleticidir. Senaryo 2 için yazılım içindeki veri tabanında hava emisyonu olarak belirlenen kirletic kimyasalların ve organik bileşenlerin miktarları Çizelge 4.18'de verilmiş olup, Şekil 4.17'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.18. Senaryo 2 için kirletic kimyasal ve organik kirletic miktarları (TRACI 2)

KİRLETİCİLER	BİRİM	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
KÜKÜRT DİOKSİT (SO ₂)	g	12,46	24,09	8,99
AZOT OKSİTLER (NO _x)	g	11,67	21,23	6,55
KARBON MONOKSİT, FOSİL (CO)	g	7,80	13,74	3,26
METAN (CH ₄)	g	7,29	14,01	5,05
UÇUCU ORGANİK KARBONLAR (VOC)	g	4,45	8,50	3,28
KARBON DİOKSİT, FOSİL (CO ₂)	g	3750	6670	1740
PARTİKÜL, > 10 µm	g	2,25	4,06	1,05
PARTİKÜL, <2,5 µm	g	1,43	2,58	0,82
PARTİKÜL, > 2,5 µm ve <10 µm	g	0,97	1,67	0,52

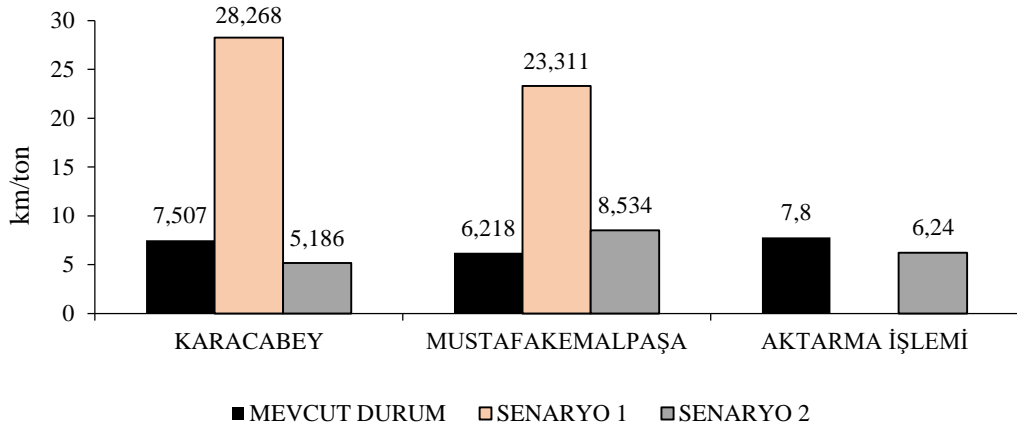


Şekil 4.17. Senaryo 2 için kirletici kimyasal ve organik kirletici miktarları (TRACI 2)

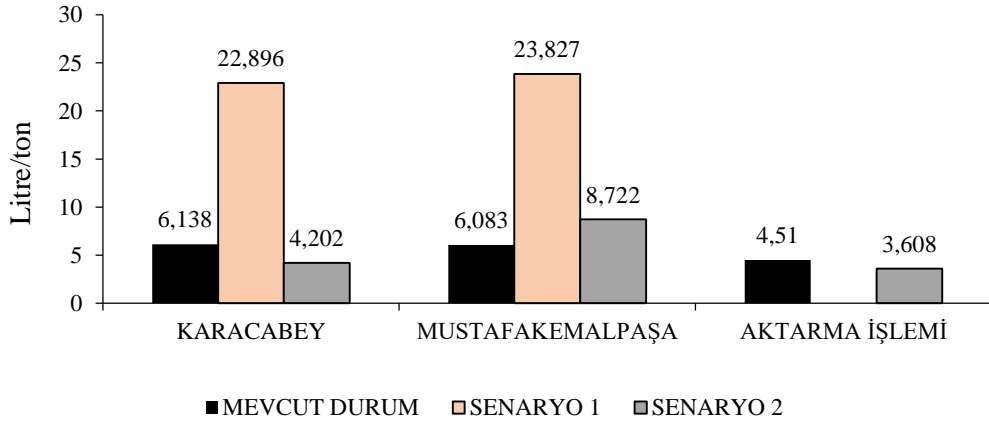
Kirleticiler incelendiğinde mevcut durum ve Senaryo 1’de olduğu gibi en fazla emisyonu sahip olan birleşik karbondioksittir. Hava emisyon kirleticilerinde Mustafakemalpaşa ilçesinin etkisi Karacabey ilçesine ve aktarma istasyonu işletilmesine göre daha fazla olduğu gözlenmektedir.

4.6. Senaryoların Değerlendirilmesi

Mevcut durum ve senaryoların envanter verileri ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metoduna göre incelenmiştir. Aktarma istasyonunun mevcut hali ile işletilmesi durumunda ve Senaryo 2’de aktarma istasyonunun etki norm değerlerinin düşük olduğu anlaşılmıştır. Mevcut durum ve Senaryo 2’de ilçe belediyelerin evsel nitelikli atıkları aktarma istasyonuna taşınmasının Senaryo 1’de yer alan etki değerleri ile karşılaştırıldığında aktarma istasyonunun önemi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 4.18. Mevcut durum ve senaryolarda ton başına kat edilen mesafe envanter verileri



Şekil 4.19. Mevcut durum ve senaryolarda ton başına yakıt envanter verileri

İlçe belediyelerde evsel atıklar yerleşim planına uygun olarak yerleştirilen ve sayıları belirlenen konteynerlerden toplanarak aktarma istasyonuna getirilmektedir. Şekil 4.18 ve Şekil 4.19 incelendiğinde mevcut durum ve senaryolarda Karacabey ilçesinde ton başına yakıt kullanımı arasındaki ilişkiye göre atık toplama taşımada kullanılan araçların güzergah içerisinde kat ettiği mesafenin daha az ve toplanan atıkların biriktirildiği konteynerler arası mesafenin daha uzun olduğu anlaşılmaktadır. Buna bağlı olarak araçların konteynerler arası durma, yükleme ve boşaltma sürelerinin kısalmasına bağlı olarak yakıt kullanımında azalış meydana gelecektir. Ancak mevcut durumda Karacabey ilçesinin aktarma istasyonuna olan uzaklığına bağlı olarak ton başına kat edilen mesafe miktarı Mustafakemalpaşa ilçesine göre daha fazladır. Ayrıca mevcut durumda aktarma istasyonunun düzenli depolama tesisine olan uzaklığı göz önünde

bulundurulduğunda ilçe belediyelere göre aktarma işleminin ton başına mesafe envanter verisi daha yüksek çıkmaktadır. Mustafakemalpaşa ilçesinde yer alan aktarma istasyonunun Karacabey ilçesine olan uzaklığı 23 km olup, ilçe belediyenin insan ve çevre sağlığı üzerinde daha fazla etkiye sahiptir. Senaryo 1’de aktarma istasyonunun sebep olduğu etkiler ortadan kalkmakla birlikte ilçe belediyelerin düzenli depolama tesisine doğrudan gitmesinden kaynaklı mesafe artışı meydana gelecektir. Mevcut durum ve Senaryo 2’de aktarma istasyonunun yer almasından kaynaklı katı atık toplama taşıma sektörü açısından çevre ve insan sağlığı üzerine olumlu etkilerinin yanı sıra yakıt kullanım, tamir bakım ve işçilik maliyetlerinin düşürülmesine fayda sağlamaktadır.

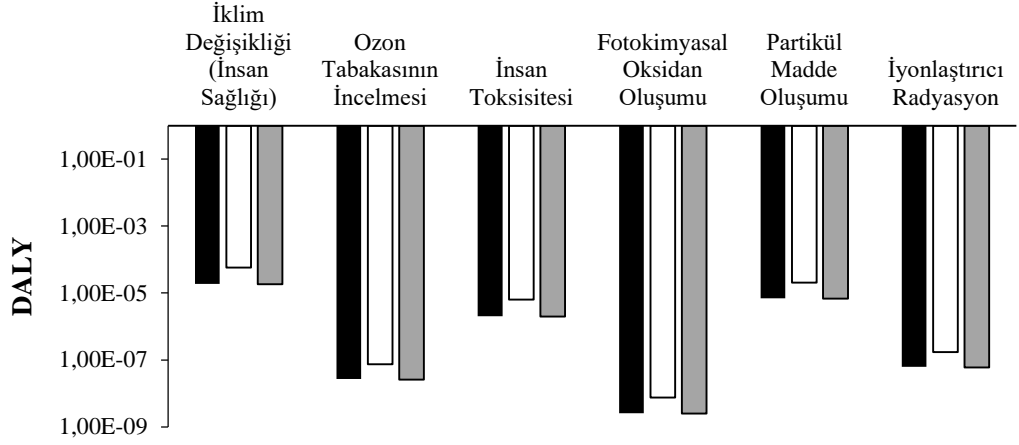
4.6.1. ReCipe Endpoint Metoduna Göre Etki Değerlendirmesi

Mevcut durum, Senaryo 1 ve Senaryo 2 için ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metotları ile insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri incelenmiş olup, ReCipe Endpoint metoduna göre senaryoların toplam etkileri Çizelge 4.19’da verilmiş, Şekil 4.20’de gösterilmiştir.

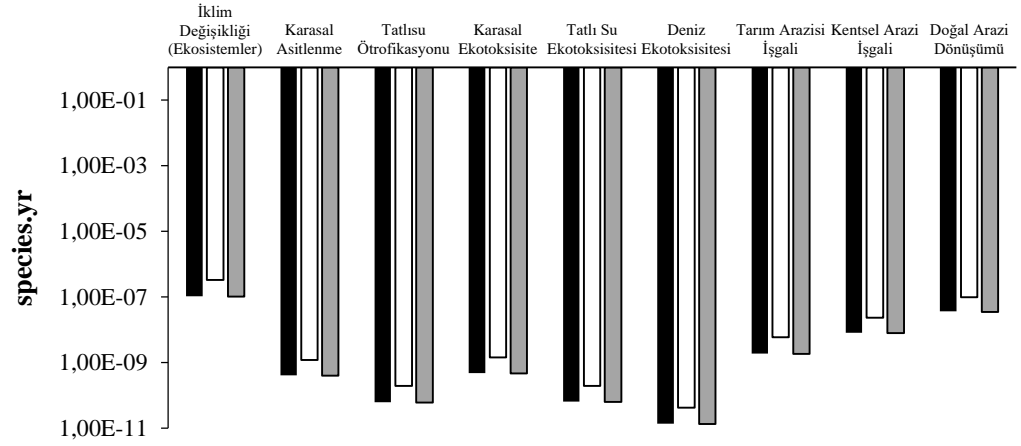
Çizelge 4.19. Mevcut durum ve senaryoların insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri(ReCipe Endpoint)

ETKİ KATEGORİSİ	BİRİM	MEVCUT DURUM	SENARYO 1	SENARYO 2
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (İNSAN SAĞLIĞI)	DALY	1,85E-05	5,75E-05	1,82E-05
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	DALY	2,71E-08	7,40E-08	2,61E-08
İNSAN TOKSİSİTESİ	DALY	2,02E-06	6,32E-06	1,99E-06
FOTOKİMYASAL OKSİDAN OLUŞUMU	DALY	2,56E-09	7,53E-09	2,49E-09
PARTİKÜL MADDE OLUŞUMU	DALY	6,91E-06	2,04E-05	6,73E-06
İYONLAŞTIRICI RADYASYON	DALY	6,22E-08	1,71E-07	5,99E-08
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ EKOSİSTEMLER	species.yr	1,05E-07	3,26E-07	1,03E-07
KARASAL ASİTLENME	species.yr	4,08E-10	1,18E-09	3,96E-10
TATLISU ÖTROFİKASYONU	species.yr	6,10E-11	1,93E-10	5,99E-11
KARASAL EKOTOKSİSİTESİ	species.yr	4,71E-10	1,42E-09	4,62E-10
TATLI SU EKOTOKSİSİTESİ	species.yr	6,35E-11	1,94E-10	6,20E-11
DENİZ EKOTOKSİSİTESİ	species.yr	1,35E-11	4,17E-11	1,32E-11
TARIM ARAZİSİ İŞGALİ	species.yr	1,88E-09	5,86E-09	1,84E-09
KENTSEL ARAZİ İŞGALİ	species.yr	8,02E-09	2,29E-08	7,83E-09
DOĞAL ARAZİ DÖNÜŞÜMÜ	species.yr	3,60E-08	9,84E-08	3,46E-08
METAL KAYNAK TÜKENMESİ	\$	3,85E-02	1,27E-01	3,80E-02
FOSİL KAYNAK TÜKENMESİ	\$	3,20E+00	8,78E+00	3,08E+00

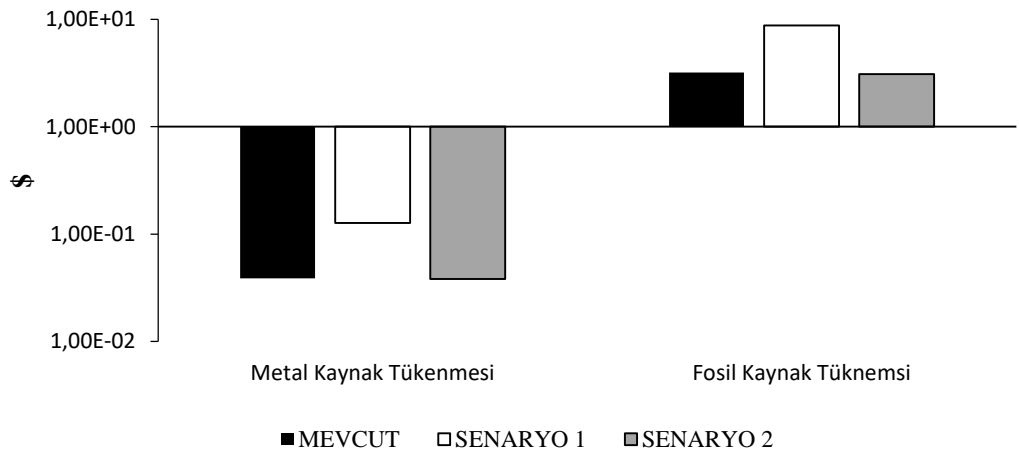
İNSAN SAĞLIĞINA ZARARI



EKOSİSTEME ZARARI



KAYNAK KULLANIMINA ZARARI



Şekil 4.20. Mevcut durum ve senaryoların insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkileri (ReCipe Endpoint)

Şekil 4.17 incelendiğinde Senaryo 1'in insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına zararının en fazla olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun nedeni aktarma istasyonunun olmaması ile birlikte ilçe belediyelerin toplama ve taşıma araçlarının düzenli depolama tesisine doğrudan gideceğinden dolayı kat edecekleri yol miktarı artış gösterecek ve buna bağlı olarak yakıt miktarında artış meydana gelecektir. En iyi durum ise aktarma istasyonunun farklı konumda yer aldığı ortaya çıkmaktadır. Bu durumun nedeni ise aktarma istasyonunun farklı konumda yer alması ile birlikte ilçe belediyelerin toplama ve taşıma araçlarının yakıt optimizasyonunun kat edecekleri mesafe ile en uygun düzeye çekilmesi ile açıklanabilir. Ayrıca mevcut durum ve senaryolarda insan sağlığı üzerine etki kategorisinde yer alan iklim değişikliği parametresinin en yüksek değere, fotokimyasal oksidan oluşumu parametresinin ise en düşük değere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Çizelge 4.5'te yer alan veriler incelendiğinde iklim değişikliği üzerine etkisinin kg CO₂ eşdeğer biriminden hesaplanan DALY için bir kg dizel yakıtın kullanımında yüksek miktarda CO₂ (2,24E+1 g) oluştuğu anlaşılmaktadır. Motorlu taşıt kullanımından kaynaklı temel kirleticilerin başında karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO₂), partikül madde (PM), azot oksitler (NO_x) ve uçucu organik bileşikler (VOC) gelmektedir. Bunlardan özellikle VOC'ler fotokimyasal oksidan oluşumunda önemli bir etkiye sahiptir (Koca ve Elbir 2013). ReCipe Endpoint metoduna göre Aktarma istasyonunun Senaryo 1 ve Senaryo 2 durumları mevcut durumu ile kıyaslandığında ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonunun her bir etki kategorisindeki artış azalış oranları belirlenmiş olup Çizelge 4.20'de verilmiştir.

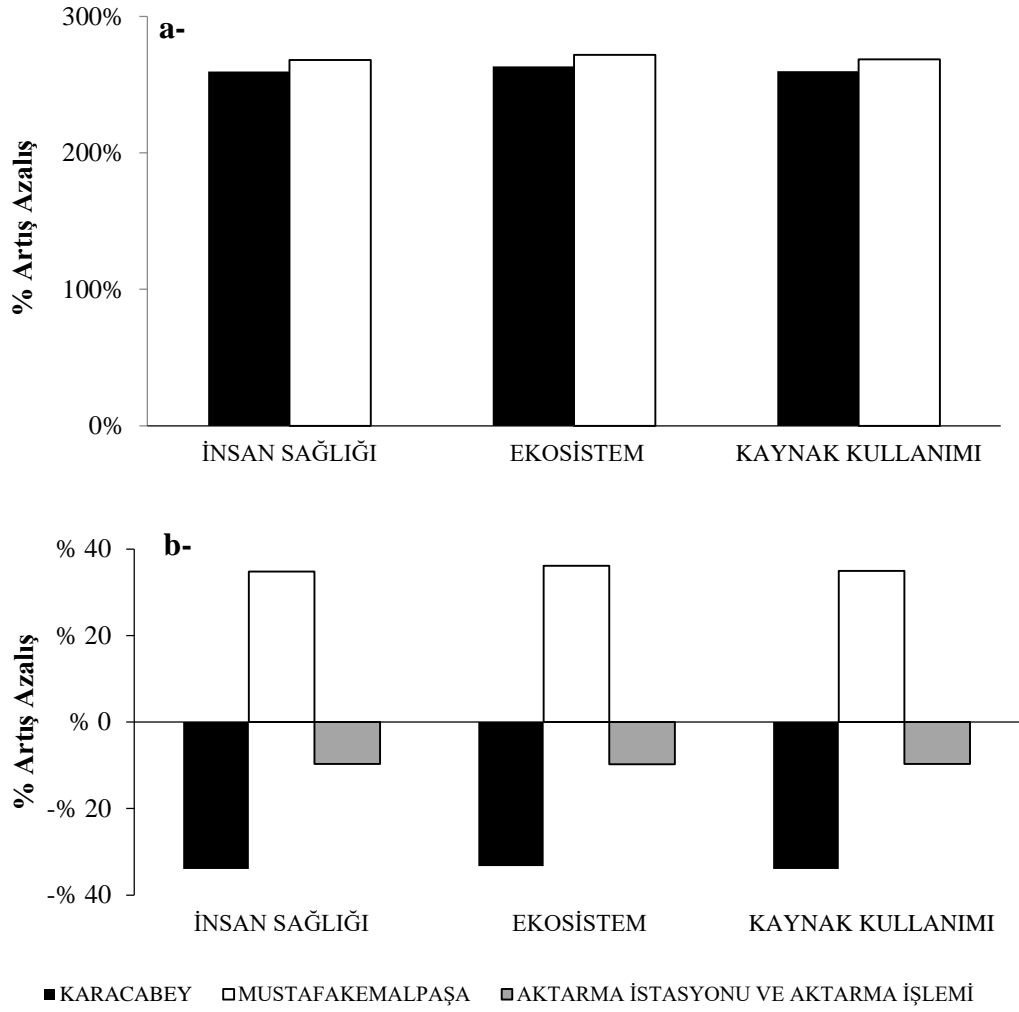
Çizelge 4.20. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için etki artış azalış oranları (%) (ReCipe Endpoint)

ETKİ KATEGORİSİ	SENARYO 1		SENARYO 2		
	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (İNSAN SAĞLIĞI)	264,66	273,06	-33,09	36,58	-9,73
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	252,16	260,91	-35,37	32,13	-9,72
İNSAN TOKSİSİTESİ	266,85	275,49	-32,69	37,47	-9,73
FOTOKİMYASAL OKSİDAN OLUŞUMU	260,49	268,70	-33,85	34,98	-9,72
PARTİKÜL MADDE OLUŞUMU	261,25	269,47	-33,71	35,26	-9,73
İYONLAŞTIRICI RADYASYON	252,71	261,39	-35,27	32,31	-9,72
İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ (EKOSİSTEMLER)	264,66	273,07	-33,09	36,58	-9,73
KARASAL ASİTLENME	258,24	266,48	-34,26	34,17	-9,72
TATLISU ÖTROFİKASYONU	264,81	273,22	-33,06	36,64	-9,72
KARASAL EKOTOKSİSİTE	268,52	277,41	-32,39	38,17	-9,74
TATLI SU EKOTOKSİSİTESİ	262,36	270,61	-33,51	35,68	-9,72
DENİZ EKOTOKSİSİTESİ	265,50	273,98	-32,94	36,92	-9,73
TARIM ARAZİSİ İŞGALİ	265,08	273,52	-33,01	36,75	-9,73
KENTSEL ARAZİ İŞGALİ	268,74	277,68	-32,35	38,27	-9,75
DOĞAL ARAZİ DÖNÜŞÜMÜ	252,31	261,04	-35,34	32,18	-9,72
METAL KAYNAK TÜKENMESİ	267,26	275,96	-32,62	37,64	-9,73
FOSİL KAYNAK TÜKENMESİ	252,48	261,19	-35,31	32,23	-9,72

Çizelge 4.21’de ise etki kategorileri insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımı şeklinde birleştirilerek etkilerin etki artış azalış oranları verilmiş olup Şekil 4.21’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.21. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin etki artış azalış oranları (%) (ReCipe Endpoint)

ETKİ KATEGORİSİ	SENARYO 1		SENARYO 2		
	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
İNSAN SAĞLIĞI	259,69	268,17	-34,00	34,79	-9,72
EKOSİSTEM	263,36	271,89	-33,33	36,15	-9,73
KAYNAK KULLANIMI	259,87	268,57	-33,96	34,94	-9,72



Şekil 4.21. İlçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin zarar artış azalış oranları (%) (ReCipe Endpoint) a-Senaryo 1, b-Senaryo 2

Çizelge 4.21’de yer alan veriler incelendiğinde Senaryo 1 için aktarma istasyonun etkisi ortadan kalkmış olup Karacabey ilçesinin insan sağlığı üzerindeki etkileri ortalama %259,69 ekosistem üzerindeki etkileri %263,36 kaynak kullanımında etkileri ise %259,87 oranında artış, Mustafakemalpaşa ilçesinin ise insan sağlığı üzerinde %268,17, ekosistem üzerinde %271,89, kaynak kullanımında ise %268,57 oranında artış göstermektedir.

Senaryo 2 için ise Karacabey ilçesinin insan sağlığı üzerine %34, ekosistem üzerine %33,33 ve kaynak kullanımına zararı %33,96 oranında azalış göstermektedir. Mustafakemalpaşa ilçesinin insan sağlığına zararı %34,79, ekosisteme zararı %36,15, kaynak kullanımına zararı ise %34,94 oranında artış göstermektedir. Aktarma

istasyonunun farklı konumda yer aldığı Senaryo 2 için ise aktarma istasyonunun mevcut durumuna göre insan sağlığına zararı %9,72, ekosisteme zararı %9,73, kaynak kullanımına zararı ise %9,72 oranında azalış göstermektedir. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için toplam etkilerin artış ve azalış oranları yüzde birimde ise Çizelge 4.22’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. Senaryo 1 ve Senaryo 2 toplam etkilerin artış ve azalış oranları (%) (ReCipe Endpoint)

ETKİ KATEGORİSİ	SENARYO 1	SENARYO 2
İNSAN SAĞLIĞINA ETKİSİ	193,33	-2,80
EKOSİSTEME ETKİSİ	200,47	-2,37
KAYNAK KULLANIMIN ETKİSİ	201,38	-2,56

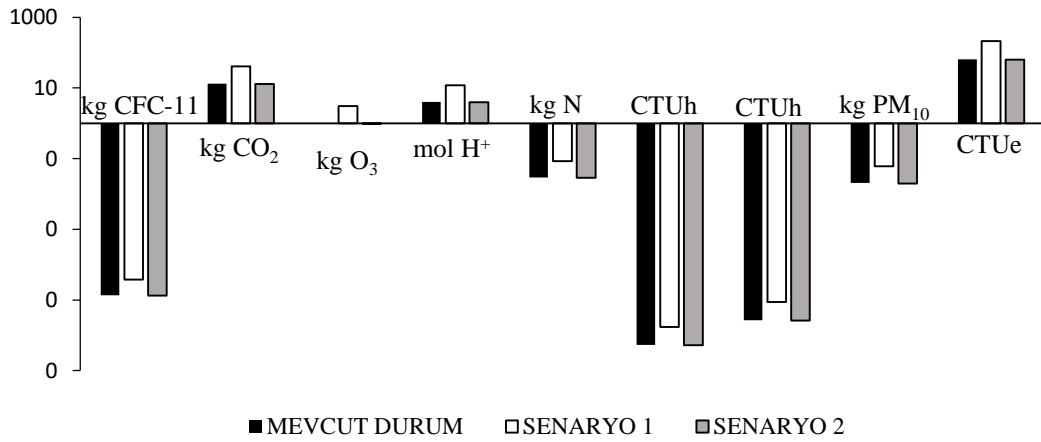
Çizelge 4.22’den anlaşılacağı üzere Senaryo 1 durumunda etki kategorisinde yer alan ilçe belediyelerin toplamda insan sağlığı üzerine %193,33 ekosisteme %200,47, kaynak kullanımına zararı ise %201,38 oranında artış göstermekte iken Senaryo 2 için ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin toplam etkileri insan sağlığına, ekosisteme ve kaynak kullanımına etkileri sırasıyla %2,8, %2,37 ve %2,56 oranlarında azalış göstermektedir.

4.6.2. TRACI 2 Metoduna Göre Etki Değerlendirmesi

SimaPro yazılımı Ecoinvent veri tabanı kullanılarak mevcut durum ve iki farklı senaryo için TRACI 2 metoduna göre sonuçlar elde edilerek Çizelge 4.23’de verilmiş olup, Şekil 4.22’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.23. Mevcut durum ve iki farklı senaryo için insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI)

ETKİ KATEGORİSİ	BİRİM	MEVCUT DURUM	SENARYO 1	SENARYO 2
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	kg CFC-11	1,37E-05	3,73E-05	1,32E-05
KÜRESEL ISINMA	kg CO ₂	1,32E+01	4,11E+01	1,30E+01
KİRLİ HAVA OLUŞUMU	kg O ₃	1,01E+00	3,04E+00	9,86E-01
ASİDİFİKASYON	mol H ⁺	4,06E+00	1,18E+01	3,94E+00
ÖTROFİKASYON	kg N	2,94E-02	8,53E-02	2,85E-02
KANSEROJENİK	CTUh	5,29E-07	1,71E-06	5,21E-07
KANSEROJENİK OLMAYAN	CTUh	2,67E-06	8,67E-06	2,63E-06
SOLUNUM ETKİLERİ	kg PM ₁₀	2,04E-02	6,01E-02	1,99E-02
EKOTOKSİSİTE	CTUe	6,43E+01	2,10E+02	6,34E+01



Şekil 4.22. Mevcut durum ve iki farklı senaryonun insan sağlığı ve çevresel etkileri (TRACI 2)

Veriler incelendiğinde Senaryo 1'in ozon tabakasının incelmeye, küresel ısınma, kirli hava oluşumu, asidifikasyon, ötrofikasyon, kanserojenik, kanserojenik olmayan, solunum etkileri ve ekotoksosite gibi çevre ve insan sağlığını etkileyen faktörlerde daha etkili olduğu anlaşılmaktadır. En iyi sonuç ise Senaryo 2 için ortaya çıkmaktadır.

Aktarma istasyonları atıkların herhangi bir işlem görmeden sadece aktarılması için kurulan tesislerdir. Ayrıca aktarma istasyonları hizmet edeceği bölgelerden kullanılan toplama taşıma araçlarında yakıt tasarrufu sağlamasına katkı sağlayarak, çevresel problemleri en aza indirmektedir. Saer ve ark. (2013) gıda atığının kompostlama sisteminin yaşam döngüsü değerlendirmesi çalışmalarında bir ton toplanan, taşınan, işlenen, hammadde ve kompostun çevresel etkileri belirlenmiştir. Tüm sürecin minimum, maksimum ve ortalama etki norm değerleri Çizelge 4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4.24. Kompost üretimi çevresel emisyon etkileri (TRACI 2)

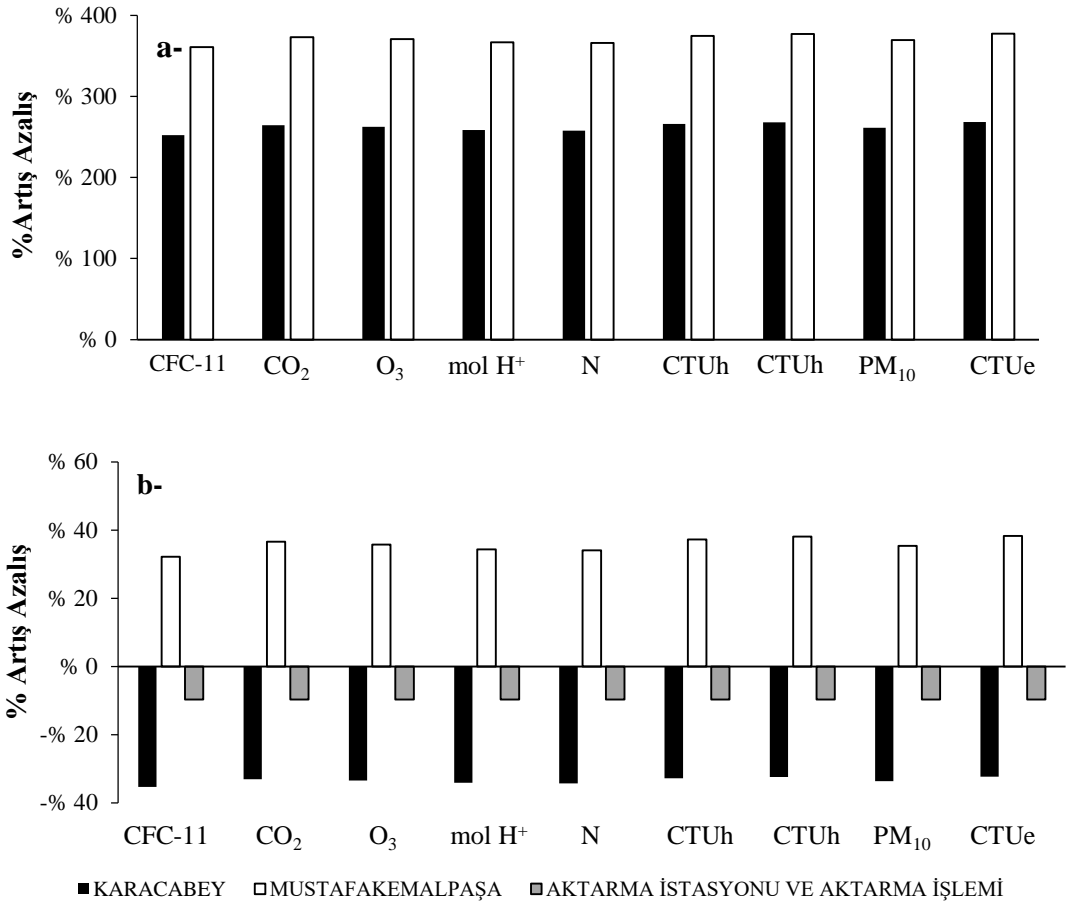
ETKİ KATEGORİSİ	BİRİM	Minumum	Ortalama	Maximum
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	kg CFC-11	0,00000244	2,44E-06	0,00000244
KÜRESEL ISINMA	kg CO ₂	61900	221000	970000
KİRLİ HAVA OLUŞUMU	kg O ₃	23000	23100	23500
ASİDİFİKASYON	mol H ⁺	48200	137000	347000
ÖTROFİKASYON	kg N	51	162	422
KANSEROJENİK	CTUh	0,000864	0,000864	0,000864
KANSEROJENİK OLMAYAN	CTUh	0,00834	0,00834	0,00834
SOLUNUM ETKİLERİ	kg PM ₁₀	62,3	62,3	62,3
EKOTOKSİSİTE	CTUe	159000	159000	159000

Çizelge 4.24’de sonuçları bulunan çalışma evsel nitelikli atıkların toplanması, taşınması ve aktarılması işlemi norm değerleri ile karşılaştırıldığında, atık yönetiminde önemli yere sahip olan kompost üretim basamağında yer alan lojistik faaliyetlerin (toplama, taşıma) çevre ve insan sağlığı üzerinde etkilerinin daha düşük olduğu, hammadde işleme faaliyetinin ise daha yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Toplama, taşıma ve aktarma işlemleri atık yönetiminde çevresel ve insan sağlığı üzerine etkilerde katkı sağladığı sonucuna varılmaktadır.

TRACI 2 metoduna göre Aktarma istasyonunun farklı konumda yer alması ve olmaması durumlarının mevcut hali ile kıyaslandığında ilçe belediyelerin her bir etki kategorisindeki etki artış azalış oranları belirlenmiş olup Çizelge 4.25’de verilmiştir. Elde edilen yazılım sonuçlarına bağlı etki artış azalış oranları Şekil 4.24’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.25. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin etki artış azalış oranları (%) (TRACI 2)

ETKİ KATEGORİSİ	SENARYO 1		SENARYO 2		
	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
OZON TABAKASININ İNCELMESİ (CFC-11)	252,15	360,91	-35,37	32,13	-9,72
KÜRESEL ISINMA (CO ₂)	264,66	373,06	-33,09	36,58	-9,73
KİRLİ HAVA OLUŞUMU (O ₃)	262,55	370,81	-33,47	35,76	-9,73
ASİDİFİKASYON (mol H ⁺)	258,79	367,02	-34,16	34,37	-9,72
ÖTROFİKASYON (N)	257,79	366,05	-34,34	34,01	-9,72
KANSEROJENİK (CTUh)	266,26	374,83	-32,80	37,23	-9,73
KANSEROJENİK OLMAYAN (CTUH)	268,19	377,04	-32,45	38,04	-9,73
SOLUNUM ETKİLERİ (PM ₁₀)	261,42	369,65	-33,68	35,33	-9,73
EKOTOKSİSİTE (CTUe)	268,66	377,58	-32,36	38,23	-9,74
ORTALAMA	262,28	370,77	-33,52	35,74	-9,73



Şekil 4.23. İlçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin zarar artış azalış oranları (%) (TRACI 2) a-Senaryo 1, b-Senaryo 2

Veriler incelendiğinde mevcut durum ile Senaryo 1 kıyaslandığında Karacabey ilçesinin etki artış oranı Mustafakemalpaşa ilçesine göre daha azdır. Bu durumun temel nedeni Karacabey ilçesinin düzenli depolama tesisine Mustafakemalpaşa ilçesine göre daha yakın olmasıdır. Karacabey ilçesinin insan ve ekosistem üzerindeki etkileri ortalama %262,28 oranında artış, Mustafakemalpaşa ilçesinin ise %370,77 oranında artış göstermektedir. Senaryo 2 için ise Karacabey ilçesinin aktarma istasyonuna uzaklığı azalmakta olup sahip olduğu insan ve çevre sağlığı etkilerinde azalış meydana gelmektedir. Mustafakemalpaşa ilçesinin etkileri aktarma istasyonu ile arasındaki mesafenin artmasıyla birlikte etkilerde da artış meydana gelmektedir. Karacabey ilçesinin insan ve ekosistem sağlığı üzerine etkileri %33,52 ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin %9,73 oranında azalış, Mustafakemalpaşa ilçesinin ise sebep olduğu insan ve çevre sağlığı üzerinde %35,74 oranında artış göstermiştir. Senaryo 1 ve

Senaryo 2 için toplam etkilerin artış ve azalış oranları yüzde birimde ise Çizelge 4.26'da verilmiştir.

Çizelge 4.26. Senaryo 1 ve Senaryo 2 toplam etki artış ve azalış oranları (%) (TRACI 2)

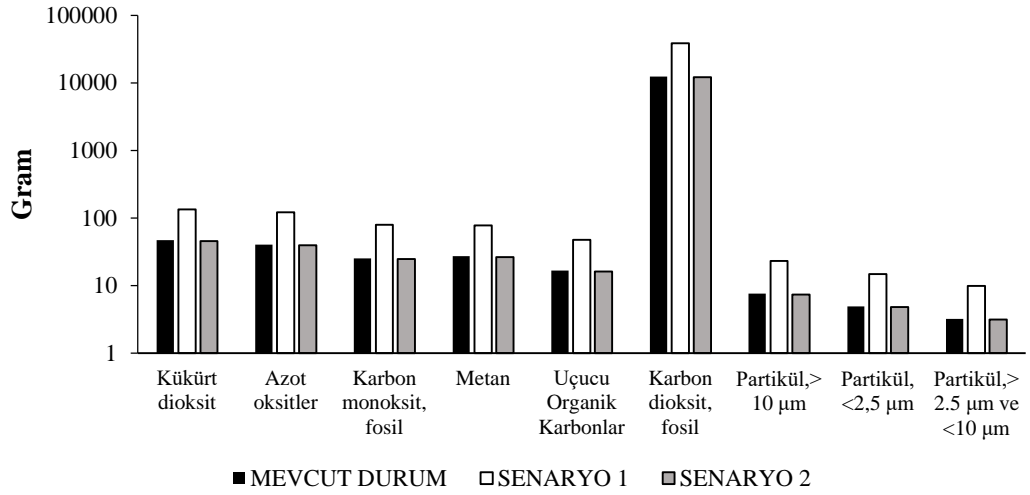
ETKİ KATEGORİSİ	SENARYO 1	SENARYO 2
OZON TABAKASININ İNCELMESİ	173,06	-3,80
KÜRESEL ISINMA	210,49	-2,03
KİRLİ HAVA OLUŞUMU	200,58	-2,44
ASİDİFİKASYON	190,96	-2,94
ÖTROFİKASYON	190,14	-3,03
KANSEROJENİK	224,00	-1,57
KANSEROJENİK OLMAYAN	224,77	-1,39
SOLUNUM ETKİLERİ	194,78	-2,66
EKOTOKSİSİTE	227,20	-1,29
ORTALAMA	204,00	-2,35

Çizelgeden anlaşılacağı üzere Senaryo 1 durumunda etki kategorisinde yer alan faktörlerin sebep olduğu etkiler %204 oranında artış göstermekte iken Senaryo 2 için %2,35 oranında azalış göstermektedir.

TRACI 2 metodu hava kirletici emisyonları yazılım üzerinden hesaplanmış olup Çizelge 4.25'de mevcut durum ve senaryolar için miktarları verilmiştir. Yazılım üzerinden alınan sonuçlara göre hesaplanan kirletici miktarları Şekil 4.27'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.27. Mevcut durum ve iki senaryo için oluşan kirletici miktarları (TRACI 2)

KİRLETİCİLER	BİRİM	MEVCUT DURUM	SENARYO 1	SENARYO 2
KÜKÜRT DİOKSİT (SO ₂)	g	47,09	133,68	45,53
AZOT OKSİTLER (NO _x)	g	40,44	121,62	39,46
KARBON MONOKSİT, FOSİL (CO)	g	25,24	80,05	24,80
METAN (CH ₄)	g	27,23	78,02	26,36
UÇUCU ORGANİK KARBONLAR (VOC)	g	16,77	47,44	16,23
KARBON DİOKSİT, FOSİL (CO ₂)	g	12 400	38 662	12 160
PARTİKÜL, > 10 µm	g	7,67	23,12	7,37
PARTİKÜL, <2,5 µm	g	4,95	14,84	4,83
PARTİKÜL, > 2.5 µm ve <10 µm	g	3,22	9,88	3,16

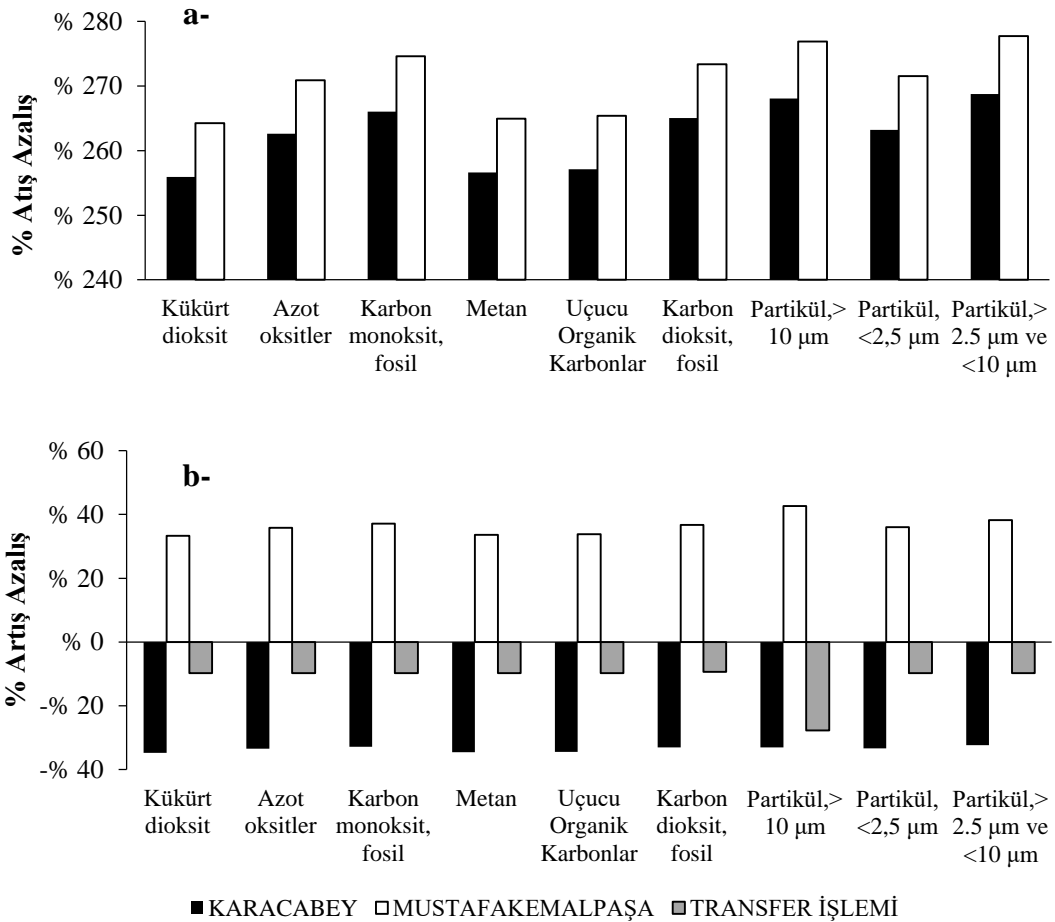


Şekil 4.24. Mevcut durum ve iki farklı senaryo için oluşan kirletici miktarları (TRACI 2)

Mevcut durum ve iki farklı senaryo için belirlenen kirleticilerde her durumda karbondioksit en fazla miktara sahiptir. Senaryo 1 için bütün kirletici miktarları daha fazla olup Senaryo 1'in etkisi en fazladır. Koca ve Elbir (2013) "Bir Üniversite Yerleşkesi İçinde Karayolu Trafikinden Kaynaklanan Hava Kalitesinin Belirlenmesi" yönelik araştırmalarında beş kirletici (CO, NO_x, NMVOC, SO₂ ve PM₁₀) üzerinden emisyonları ayrı ayrı hesaplamışlardır. Gerçekleştirdikleri çalışmaya göre yerleşke içerisinde bir hafta boyunca atmosfere verilen toplam emisyon miktarları; CO için yaklaşık 54,1 kg, NMVOC için 7,6 kg, NO_x için 21,3 kg, PM₁₀ için 1,0 kg ve SO₂ için ise 2,8 kg olarak bulunmuştur. Yerleşkede yıllık toplam emisyonlar ise; CO için yaklaşık 2,8 ton, NMVOC için 0,4 ton, NO_x için 1,1 ton, PM₁₀ için 0,05 ton ve SO₂ için 0,15 ton olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmadan anlaşılacağı üzere karayolu trafiğinde yer alan araçların sebep olduğu kirletici miktarında kısa sürede artış meydana gelmektedir. Aktarma istasyonları ilçe belediyelerde karayolu trafiğinde görev alan toplama taşıma araçlarının çevresel problemlere neden olan kirleticilerde azalmaya katkı sağlayacaktır. TRACI 2 metoduna göre Senaryo 1 ve Senaryo 2, mevcut hali ile kıyaslandığında ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminden kaynaklanan her bir kirleticinin artış azalış oranları belirlenmiş olup yüzde biriminde Çizelge 4.28'de verilmiştir. Elde edilen yazılım sonuçlarına bağlı kirletici artış azalış oranları Şekil 4.27'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.28. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için ilçe belediyelerin ve aktarma istasyonu-aktarma işleminden kaynaklı kirletici artış azalış oranları (%) (TRACI 2)

KİRLETİCİLER	SENARYO 1		SENARYO 2		
	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	KARACABEY	MUSTAFA KEMALPAŞA	AKTARMA İSTASYONU VE AKTARMA İŞLEMİ
KÜKÜRT DİOKSİT	255,90	264,27	-34,69	33,36	-9,72
AZOT OKSİTLER	262,61	270,88	-33,46	35,78	-9,73
KARBON MONOKSİT, FOSİL	266,06	274,60	-32,84	37,14	-9,73
METAN	256,60	264,93	-34,56	33,60	-9,72
UÇUCU ORGANİK KARBONLAR	257,11	265,40	-34,47	33,78	-9,72
KARBON DİOKSİT, FOSİL	265,04	273,36	-33,04	36,68	-9,38
PARTİKÜL, > 10 µm	268,06	276,88	-33,02	42,68	-27,69
PARTİKÜL, <2,5 µm	263,23	271,53	-33,35	36,02	-9,73
PARTİKÜL, > 2.5 µm ve <10 µm	268,76	277,70	-32,34	38,28	-9,74
ORTALAMA	262,60	271,06	-33,53	36,37	-11,68



Şekil 4.25. İlçe belediyelerden ve aktarma istasyonu-aktarma işleminden kaynaklı kirletici artış azalış oranları (%) (TRACI 2) a-Senaryo 1, b-Senaryo 2

Senaryo 1, aktarma istasyonunun mevcut işletilme durumu ile karşılaştırıldığında aktarma istasyonunun oluşturacağı kirleticiler ortadan kalkmış olup, Karacabey ve Mustafakemalpaşa ilçelerinde görev alan evsel katı atık toplama ve taşıma araçlarının oluşturacağı kirleticilerin miktarlarında artış meydana gelecektir. Senaryo 1 için Karacabey ilçesinin kirletici miktarı %262,60, Mustafakemalpaşa ilçesinin ise %271,06 oranında artış göstermektedir. Senaryo 2 için ise aktarma istasyonunun Karacabey ilçesine yaklaşmasından dolayı ilçe belediyede görev alan araçların oluşturacağı kirleticilerin miktarlarında azalma meydana gelecektir. Aktarma istasyonunun da düzenli depolama tesisine yaklaşmasından dolayı aktarma işleminde görev alan araçların oluşturacağı kirletici miktarları azalış gösterecektir. Mustafakemalpaşa ilçesinin ise aktarma istasyonuna olan uzaklığında artış meydana geleceğinden dolayı oluşturacağı kirletici miktarlarında artış meydana gelecektir. Sonuçlara göre Senaryo 2 için Karacabey ilçesinden ve aktarma istasyonu-aktarma işleminden kaynaklı kirletici miktarlarında sırasıyla %33,53 ve %11,68 oranında azalış meydana gelecek olup, Mustafakemalpaşa ilçesinin ise sebep olduğu kirletici miktarlarında %36,37 oranında artış meydana gelecektir. Senaryo 1 ve Senaryo 2 için mevcut işletme koşulları ile karşılaştırıldığında kirleticilerin artış ve azalış miktarları gram birimde ise Çizelge 4.29’da verilmiştir.

Çizelge 4.29. Senaryo 1 ve Senaryo 2 toplam kirletici artış ve azalış miktarları (g) (TRACI 2)

KİRLETİCİLER	SENARYO 1	SENARYO 2
KÜKÜRT DİOKSİT (SO ₂)	86,59	-1,56
AZOT OKSİTLER (NO _x)	81,18	-0,98
KARBON MONOKSİT, FOSİL (CO)	54,81	-0,44
METAN (CH ₄)	50,79	-0,87
UÇUCU ORGANİK KARBONLAR (VOC)	30,67	-0,54
KARBON DİOKSİT, FOSİL (CO ₂)	26 262	-240
PARTİKÜL, > 10 µm	15,45	-0,3
PARTİKÜL, <2,5 µm	9,89	-0,12
PARTİKÜL, > 2.5 µm ve <10 µm	6,66	-0,06
TOPLAM	26 598,04	-244,87

Çizelge 4.29’den anlaşılacağı üzere Senaryo 1 durumunda etki kategorisinde yer alan kirleticilerin miktarları artış göstermekte iken Senaryo 2 için bu durum azalış yönünde etkisini göstermektedir. Mevcut işletilmesi hali ile Senaryo 1 karşılaştırıldığında

ortalama kirletici miktarlarında 28 549,06 g artış gözlemlenirken, bu miktar Senaryo 2 durumunda 244,88 g azalış göstermektedir.

Bursa benzeri geniş yerleşim alanlarına hizmet veren büyük şehirlerdeki aktarma istasyonları, katı atık taşıma hizmetini verimli ve efektif hale getirmektedir. Doğru yerde konumlandırılmış aktarma istasyonu, katı atıkların toplanması ile atıkların bertaraf edilecekleri tesislere ulaştırılması arasında önemli bir basamak görevi görmekte olup, diğer taraftan atık taşımada kullanılan taşıt sayısı en aza indirilerek toplama ve taşıma maliyeti azaltılırken, kullanılan yakıt miktarı azalmaktadır.



5. SONUÇ

Bu çalışma Türkiye’de gerçek veriler kullanılarak yapılan, ilk aktarma istasyonu Yaşam Döngüsü Analizi olma özelliği taşımakta olup, aktarma istasyonun kentsel katı atık yönetimine insan, çevre sağlığı ve kaynak kullanımına etkileri açısından katkısı ortaya çıkarılmıştır. Bursa Mustafakemalpaşa ilçesi sınırlarında yer alan Bursa Batı Bölgesi Katı Atık Aktarma İstasyonu’nun hizmet ettiği ilçelerden 2016 yılı Ekim ayı ve 2017 yılı Eylül ayı aralığında (bir yıllık) evsel nitelikli katı atıkların toplanma ve taşınması, aktarma istasyonunun işletimi ve atıkların nihai depolama alanına aktarılması işlemi sırasında oluşabilecek çevresel yükleri 1 ton atık üzerinden Yaşam Döngüsü Analizi (YDA) değerlendirmesi yapılmıştır. YDA’da ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metotları kullanılarak aktarma istasyonunun mevcut işletilmesi durumu, aktarma istasyonunun olmaması durumu (Senaryo 1) ve aktarma istasyonunun farklı konumda olması durumu (Senaryo 2) ile iki farklı senaryo belirlenerek insan sağlığı, çevre sağlığı ve kaynak kullanımı üzerinde etkileri karşılaştırılarak en uygun yöntem belirlenmiştir.

Karacabey ilçesinde kişi başı oluşan günlük ortalama atık miktarı 0,92 kg’dır. Oluşan atık miktarı günlük ve aylık olarak dalgalanmakla birlikte yaz mevsimde tüketim anlayışının değişmesi ve sahil bölgesi yer alan ilçede nüfusun artışına paralel olarak haziran, temmuz ve ağustos aylarında oluşan atık miktarı artış göstermektedir. Mustafakemalpaşa ilçesinde işlenebilir tarım arazilerinin oldukça fazla olmasından kaynaklı yaz mevsimde mevsimlik personellerin ilçeye göçü ile nüfus artış göstermekte olup atık oluşum miktarı da artış göstermektedir. Mustafakemalpaşa ilçesinde ise oluşan kişi başı evsel atık miktarı günlük ortalama 0,89 kg’dır.

Aktarma istasyonuna 2016 Ekim-2017 Eylül tarihleri arasında Karacabey ilçesinden taşınan atık miktarı 27 711,42 ton, Mustafakemalpaşa ilçesinden taşınan atık miktarı 32 620,02 ton, aktarma istasyonundan düzenli depolama tesisine aktarılan atık miktarı ise 59 490,91 ton’dur.

Mevcut durum için Karacabey ilçesinin toplama ve taşıma sektöründe ReCipe Endpoint metoduna göre insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımı üzerinde etkilerinin Mustafakemalpaşa ve aktarma istasyonu-aktarma işlemine göre daha fazla olduğu

görülmektedir. TRACI 2 metoduna göre de aktarma istasyonunun mevcut işletilmesi halinde ozon delinmesi, küresel ısınma, kirli hava oluşumu asidifikasyon, ötrofikasyon, kanserojenik, kanserojenik olmayan, solunum etkileri ve ekotoksosite üzerinde en büyük etkiye sahip Karacabey ilçesidir. Karacabey ilçesinin, TRACI 2 metodolojisinde yer alan hava emisyon kirleticilerinin miktarının Mustafakemalpaşa ilçesi, aktarma istasyonu-aktarma işleminden daha fazla olduğu sonuçlar ile ortaya konmuştur.

Senaryo 1 durumu için ilçe belediyelerin mevcut sayıdaki toplama ve taşıma araçları düzenleme depolama tesisine doğrudan gidecektir. Araçların kat ettikleri mesafe artışına paralel yakıt kullanım miktarı da artış gösterecektir. ReCipe Endpoint metoduna göre Karacabey ilçesinin insan sağlığı, ekosistem ve kaynak kullanımına etkisinin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Senaryo 1 için aktarma istasyonunun etkisi ortadan kalkmış olup Karacabey ilçesinin insan sağlığı üzerindeki etkileri ortalama %259,69, ekosistem üzerindeki etkileri %263,36, kaynak kullanımında ise %259,87 oranında artış, Mustafakemalpaşa ilçesinde ise insan sağlığı üzerinde %268,17, ekosistem üzerinde %271,89 oranında, kaynak kullanımında ise %268,57 oranında artış göstermektedir. TRACI 2 metodunda ise Mustafakemalpaşa ilçesi, ozon tabakasının incelmesinde; kirli hava oluşumu, asidifikasyon, ötrofikasyon, kanserojenik ve kanserojenik olmayan, solunum etkileri ekotoksosite gibi çevresel sorunlarda ise Karacabey ilçesinin çevresel etkisi daha fazladır. Senaryo 1 için Karacabey ilçesinin aktarma istasyonu olmadığına etki artış oranı Mustafakemalpaşa ilçesine göre daha azdır. Karacabey ilçesinin insan ve ekosistem üzerindeki etkileri ortalama %262,28, Mustafakemalpaşa ilçesinin ise %370,77 oranında artış göstermektedir. Bunun temel nedeni Karacabey ilçesinin düzenli depolama tesisine yakınlığıdır. TRACI 2 metodunda belirlenen kirleticiler incelendiğinde en fazla etkiye sahip olan birleşik karbondioksittir. Senaryo 1 için Karacabey ilçesinin kirletici miktarı %262,60, Mustafakemalpaşa ilçesinin ise %271,06 oranında artış göstermektedir. Aktarma istasyonlarının, hava emisyonlarının azaltılmasına, trafik yükünün ortadan kaldırılmasına ve yakıt ile tamir/bakım maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlamasının yanı sıra insan ve çevre sağlığı açısından etkilerini düşürdüğü Senaryo 1 durumunda belirlenen sonuçlar ortaya koymaktadır.

Senaryo 2 için aktarma istasyonunun farklı konumda yer almasından kaynaklı olarak Karacabey ilçesinin yakıt ve yol miktarları azalış göstermekte iken Mustafakemalpaşa ilçesinin ise artış göstermektedir. ReCipe Endpoint metoduna göre Karacabey ilçesinin insan sağlığı üzerinde %34, ekosistem üzerinde %33,33, kaynak kullanımında ise %33,96 oranında azalış göstermektedir. Mustafakemalpaşa ilçesinin insan sağlığı üzerinde %34,79, ekosistem üzerinde %36,15, kaynak kullanımında ise %34,94 oranında artış göstermektedir. Aktarma istasyonunun Karacabey ilçesine yakın, iki ilçenin sınır kesişim noktasında yer aldığı Senaryo 2 için aktarma istasyonunun mevcut duruma göre insan sağlığı üzerinde %9,72, ekosistem üzerinde %9,73, kaynak kullanımında ise %9,72 oranında azalış göstermektedir. TRACI 2 metoduna göre, Karacabey ilçesinin ve aktarma istasyonunun sebep olduğu etkiler azalış göstermekte iken Mustafakemalpaşa ilçesinin ise artış göstermektedir. Karacabey ilçesinin insan ve ekosistem sağlığı üzerinde etkileri %33,52 ve aktarma istasyonu-aktarma işleminin %9,73 oranında azalış, Mustafakemalpaşa ilçesinin ise %35,74 oranında artış göstermiştir. Senaryo 1 durumunda etki kategorisinde yer alan kirleticilerin miktarları artış göstermekte iken Senaryo 2 için bu durum azalış yönünde etkisini göstermektedir. Mevcut işletilmesi hali ile Senaryo 1 karşılaştırıldığında kirletici miktarlarında 28 549,06 g artış gözlemlenirken, bu miktar Senaryo 2 durumunda 244,88 g azalış göstermektedir.

Senaryoların sahip olduğu toplam etkilere bakıldığında ReCipe Endpoint ve TRACI 2 metotlarına göre insan sağlığı ekosistem ve kaynak kullanımına etkisi en fazla olan durumun Senaryo 1 olduğu anlaşılmıştır. Çalışma sonucu Senaryo 2'nin ise çevresel ve insan sağlığı bakımından en uygun senaryo olduğu tespit edilmiştir. Ancak Bursa Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı'nın yaptığı çalışmaya göre sürdürülebilirlik, arsa maliyetleri, tarım arazilerinin bulunması, yerleşim bölgelerine yakınlık ve yerleşim alanlarının gelişimi gibi konular göz önüne alındığında ortaya çıkan sonuçların aktarma istasyonunun mevcut hali ile işletilmesi durumunda daha faydalı olduğu ortaya çıkmaktadır. İl genelinde bulunan bir adet aktarma istasyonu batı bölgesine hizmet etmekte olup, atık yönetiminde çevresel faydalar ön planda tutularak, katı atık yönetim maliyetlerinin düşürülmesi için aktarma istasyonlarının sayısının artırılması gerekliliği bu çalışmanın sonuçları ile ortaya konmuştur.

Kentsel katı atık yönetiminin amacı doğal çevre, kaynaklar ve sürdürülebilir anlayışla maliyetleri korumaya yönelik çalışmalar gerçekleştirmektir. Katı atık yönetiminde toplama taşıma sektörü üzerinde artan iş gücü, işletme ve yakıt maliyetleri ile birlikte düzenli depolama tesislerinin uzaklığı göz önünde bulundurulduğunda aktarma istasyonlarının kurulması zorunlu hale gelmiştir. Aktarma istasyonlarının kurulması, kapasitesinin belirlenmesi, planlanması, işletilmesi, uygun yer seçiminin belirlenmesi gibi ekonomik ve sosyal faktörleri içeren süreçler, bütüncül ve sistematik çalışmalarla sonuçlandırılmalıdır. Türkiye’de aktarma istasyonlarının, ilgili yönetmelikte yer alması ve kurulması zorunluluğu ile birlikte sayıları artmakta olup, evsel nitelikli atıkların toplanması ve taşınması esnasında meydana gelebilecek insan ve çevre sağlığı etkilerinin azaltılması sağlanmaktadır. Mustafakemalpaşa ve Karacabey ilçelerinin düzenli depolama tesisine olan uzaklıkları göz önünde bulundurulduğunda hizmet etmekte olan aktarma istasyonun yerine düzenli depolama tesisi kurulması planlanması düşünülebilirdi. Düzenli depolama tesislerinin geniş alana kurulması, kent estetiğine olumsuz etkileri ve atık yönetimi hiyerarşisinde son basamaklarda yer almasının yanı sıra işletilmesi, izlenmesi ve işletme sonrası gözlenmesi kapsamlı araştırma istemektedir. Aktarma istasyonlarından evsel nitelikli atıkların düzenli depolama sahasına aktarılması işlemi, ilçe belediyeler için kurulacak bir düzenli depolama tesisinden (inşası ve işletimi dahil) daha fazla ekonomik fayda sağlayacaktır. Ayrıca düzenli depolama tesislerinin hizmet edeceği nüfus ve ilçe sayısı düşünüldüğünde, ilçe belediyelere düzenli depolama tesisi kurulması maliyet, fayda ve risk açısından ön görülmemektedir. Bursa gibi büyükşehirlerde uzak ilçelere hizmet veren aktarma istasyonlarının sayılarının artırılması maliyetlerin ve çevresel etkilerin düşürülmesi açısından zorunluluk arz etmektedir. Bursa Büyükşehir Belediyesi bütçe ve yatırımlarında ilgili düzenlemeleri sağlamalı, il genelinde tek olan aktarma istasyonun yetersizliği göz önünde bulundurulduğunda kurulması planlanan Doğu, Güney ve Kuzey bölgelerinin ihtiyaçlarını karşılayacak olan aktarma istasyonlarını bir an önce faaliyete geçirmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışma ile mevcut durum ve senaryoların çevre ve insan sağlığı üzerinde etkileri belirlenmiştir. Ancak kurulması düşünülen aktarma istasyonları için kamu kuruluşları, üniversitelerin ilgili bölümleri ile birlikte disiplinler arası çalışma yürüterek karar mekanizmalarını işletmelidir. Aktarma istasyonlarının ihtiyaç duyulduğu bölgelerde, nüfus projeksiyonu, aktarma istasyonunun

kapasitesi, aktarma istasyonunun çeşidi ve katı atık yönetiminde en zorlu süreç olan yer seçimi en uygun yöntemlerle belirlenmelidir. İleride faaliyete geçirilmesi düşünülen aktarma istasyonlarının çevre ve insan sağlığı üzerine gerçekleştirilen YDA çalışmalarında kıyaslama olanağı için çalışma örnek gösterilebilir, çevre ve insan sağlığına olan etkilerinin sonuçları ile aktarma istasyonlarının kurulması için belirlenen süreçler göz önünde bulundurularak en uygun optimizasyon belirlenebilir.



KAYNAKLAR

- Alkan, U. 2015.** Çevre mühendisleri için istatistik. Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Ders Notları, Bursa, 74s.
- Anonim, 1997.** Transfer Station Process Model. https://mswdst.rti.org/docs/Transfer_Station_Model_OCR.pdf-(Erişim Tarihi:08.08.2018)
- Anonim, 2002.** Waste Transfer Stations: a Manual for Decision-making. United States Environmental Protection Agency, 2002,USA.
- Anonim, 2006a.** Handbook for Design and Operation of Rural and Regional Transfer Stations, Case Studies, Department of Environment and Conservation NSW, Sydney.
- Anonim, 2006b.** Life Cycle Assessment: Principles and Practice, EPA/600/R-06/060 2007, Ohio.
- Anonim, 2006c.** ISO 14040:2006. Environmental management-Life cycle assessment-Principles and framework. <https://www.iso.org/standard/37456.html>-(Erişim Tarihi:28.03.2019).
- Anonim, 2006d. 34.** ISO 14044:2006. Environmental management-Life cycle assessment-Requirements and guidelines. <https://www.iso.org/standard/38498.html>-(Erişim Tarihi: 28.03.2019).
- Anonim, 2008.** DIRECTIVE 2008/98/EC of the european parliament and of the council ,on waste and repealing certain directives, 2008.
- Anonim, 2011.** LCIA: The ReCipe Model. <https://www.rivm.nl/en/life-cycle-assessment-lca/ReCipe>-(Erişim Tarihi:12.09.2018).
- Anonim, 2013.** İçmesuyu tesisleri etüt, fizibilite ve projelerinin hazırlanmasına ait teknik şartname. [https://www.ilbank.gov.tr/dosyalar/icmesuyu/ICMESUYU_ETUT_FIZB_TEKN_SAR T.pdf](https://www.ilbank.gov.tr/dosyalar/icmesuyu/ICMESUYU_ETUT_FIZB_TEKN_SAR_T.pdf)-(Erişim Tarihi:03.03.2019).
- Anonim, 2014.** Belediye Atık İstatistikleri, 2014. Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı:16170
- Anonim, 2015a.** Bursa Entegre Katı Atık Yönetim Planı 2015. https://www.bursa.bel.tr/dosyalar/atik_plan.pdf-(Erişim Tarihi:04.08.2018)
- Anonim, 2015b.** Behind the Scenes at Monte Carlo Simulations. <https://simapro.com/2015/behind-the-scenes-at-monte-carlo-simulations>-(Erişim Tarihi: 06.01.2019)
- Anonim, 2015c.** Atık Yönetimi Yönetmeliği, 2015. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Sayı:29314
- Anonim, 2015d.** LCIA methods. Impact assessment methods in Life Cycle Assessment and their impact categories. <https://www.openlca.org/wp-content/uploads/2015/11/LCIA-METHODS-v.1.5.4.pdf>-(Erişim Tarihi: 01.04.2019)
- Anonim, 2016.** Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks. <https://www.epa.gov/ghgemissions/inventory-us-greenhouse-gas-emissions-and-sinks>-(Erişim Tarihi: 01.02.2019).
- Anonim, 2018.** Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi Sonuçları, 2017. Türkiye İstatistik Kurumu, Sayı: 27587
- Anonim, 2019a.** Eskişehir Odunpazarı Belediyesi Eysel Katı Atık Tarife Raporu. http://www.odunpazarı.bel.tr/dosya_yoneticisi/2019katiatik.pdf-(Erişim Tarihi:04.04.2019).

- Anonim, 2019b.** Evsel Katı Atıkların Toplanması ve Taşınması Tarife Tespit için Plan ve Bütçe Komisyonu Çalışma Raporu. http://www.marmaris.bel.tr/Files/PDF/EVSEL_ATIK_M._B._B._DUYURU_2017.pdf (Erişim Tarihi: 17.04.2019).
- Bare, J. C., Norris, G. A., Pennington, D. W., McKone, T. 2003.** TRACI – The tool for the reduction and assessment of chemical and other environmental impacts. *Journal of Industrial Ecology*, 6, (3):49-78.
- Bartolozzi, I, Baldereschi, E., Daddi, T., Iraldo, F. 2018.** The application of life cycle assessment (LCA) in municipal solid waste management: a comparative study on street sweeping services. *Journal of Cleaner Production*, 182:455-465.
- Bovea, M.D., Powell, J.C., Gallardo, A., Capuz-Rizo S.F. 2006.** The role played by environmental factors in the integration of a transfer station in a municipal solid waste management system. *Waste Management*, 27:545-553.
- Chatzouridis, C., Komilis, D. 2011.** A methodology to optimally site and design municipal solid waste transfer stations using binary programming. *Resources, Conservation and Recycling*, 60:89-98.
- Çavdar, K., Köroğlu M., Akyıldız, B., Akyıldız, M. 2014.** Katı atık toplama amaçlı bir akıllı sistemin tasarımı ve uygulaması. *Niğde Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3:2, 29-37.
- De Feo, G., Ferrara, C., Iuliano, C., Grosso, A. 2016.** LCA of the Collection, Transportation, Treatment and Disposal of Source Separated Municipal Waste: A Southern Italy Case Study. *Sustainability*, 12:1-13.
- De Rosa, M. 2018.** Land use and land-use changes in life cycle assessment: green modelling or black boxing? *Ecological Economics*, 144:73-81.
- Eckelman, M.J., Sherman, J. 2016.** Environmental Impacts of the U.S. Health Care System and Effects on Public Health. *PLoS ONE 11* (6): e0157014.
- Eisted, R., W. Larsen, A., H. Christensen, T., 2009.** Collection, transfer and transport of waste: accounting of greenhouse gases and global warming contribution. *Waste Management & Research*, 27:738-745.
- Erses Yay, A.S. 2015.** Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. *Journal of Cleaner Production*, 94:284-293.
- Eshet, T., G. Baron, M., Shechter, M., Ayalon, O. 2006.** Measuring externalities of waste transfer stations in Israel using hedonic pricing. *Waste Management* 27:614-625.
- Erdoğan, D. 2012.** Atık konusunda uygulamada belediyelerin rolü. Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, İstanbul.
- Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M., De Schryver, A., Struijs, J., van Zelm, R. 2013.** ReCipe 2008. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level, Report I: Characterisation. The Netherlands
- Guerrero, L.A., Maas, G., Hogland, W. 2012.** Solid waste management challenges for cities in developing countries. *Waste Management*, 33:220-232.
- Dhaliwal, H. 2015.** Life Cycle Impact Assessment. https://www.earthshiftglobal.com/docs/impact-assessment-methods-free-lca-class_esg-sept2015.pdf (Erişim Tarihi : 09.04.2019)
- Herva, M., Neto, B., Roca, E., 2014.** Environmental assessment of the integrated municipal solid waste management system in Porto. *Journal of Cleaner Production* 70: 183-193.

- Huijbregts, M.A.J., Steinmann, Z.J.N., Elshout, P.M.F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M.D.M., Hollander, A., Zijp, M., van Zelm, R. 2016. ReCipe 2016. A harmonized life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level, Report I: Characterization. National Institute for Public Health and the Environment. The Netherlands.
- Jouhara, H., Czajczynska, D., Ghazal, H., Krzyzyska, R., Anguilano, L., Reynolds, A.J., Spencer, N., 2017. Municipal waste management systems for domestic use. *Energy*, 139:485-506.
- Karadağ, A., 2018. Katı atık depolama tesisi yer seçimi için birleştirilmiş hedef programlama ve ahp yaklaşımı. *International Journal of Engineering Research and Development* 11, 212-225.
- Kayakutlua, G., Daim, T., Kunt, M., Altay, A., Suharto, Y., 2017. Scenarios for regional waste management. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74:1323-1335.
- Kemirtlek, A., 2015. Entegre atık yönetimi, Türkiye ve Dünyadaki katı atık yönetimine ilişkin genel trendler 2015.
- Kirkman, R., Voulvoulis, N. 2017. The role of public communication in decision making for waste management infrastructure. *Journal of Environmental Management* 203:640-647.
- Koca, H., Elbir, T., 2013. Bir Üniversite Yerleşkesi İçinde Karayolu Trafiğinden Kaynaklanan Hava Kalitesinin Belirlenmesi. *Hava Kirliliği Araştırmaları Dergisi* 2, 45-54.
- Kolukısaoglu, M., Maçın, K.E., Demir, İ. 2018. Katı atık toplama sıklığının toplama-taşıma maliyetine etkisi. *Adana Bilim ve Teknoloji Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 1: 46-56.
- Komilis, D.P. 2008. Conceptual modeling to optimize the haul and transfer of municipal solid waste. *Waste Management*, 28: 2355-2365.
- Margallo, M., Dominguez-Ramos, A., Aldaco, R., Bala, A., Fullana, P., Irabien, A., 2014. Environmental sustainability assessment in the process industry: A case study of waste-to-energy plants in Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 93:144-155.
- Mierlo, J.V., Messagie, M., Rangaraju S. 2017. Comparative environmental assessment of alternative fueled vehicles using a life cycle assessment. *Transportation Research Procedia* 25: 3435–3445.
- Morales-Mendez, J.D., Silva-Rodríguez, R. 2018. Environmental assessment of ozone layer depletion due to the manufacture of plastic bags. *Heliyon* 4, e01020.
- Morsali, S., 2017. Damage assessment of bitumen refineries using Simapro (LCA) inventory data. *Journal of Petroleum & Environmental Biotechnology*. 8:1
- Moyaa, D., Aldásb, C., Lópeza, G., Kaparaju, P., 2017. Municipal solid waste as a valuable renewable energy resource: a worldwide opportunity of energy recovery by using Waste-ToEnergy Technologies. *Energy Procedia*, 134:286–295
- Önel, F. 2014. Kuruluş yeri seçiminin çok kriterli karar verme yöntemleriyle uygulanması. *Yüksek Lisans Tezi*, Pamukkale Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı, Denizli.
- Özeler, D., Yetis, Ü., Demirer, G.N., 2005. Life cycle assesment of municipal solid waste management methods: Ankara case study. *Environment International*, 32:405-411.
- Poon, C., Ann, T., Ng, L., 2001. On-site sorting of construction and demolition waste in Hong Kong. *Resour. Conserv. Recycl.*, 32:157-72.

- Ramachandra, T.V., Bharatha, H.A., Kulkarnia, G., Sheng Han S., 2018.** Municipal solid waste: Generation, composition and GHG emissions in Bangalore, India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82:1122-1136.
- Rodrigues, A.P., Fernandes, M.L., Rodrigues, M.F.F., Bortoluzzi, S.C., Gouvea Da Costa, S.E., Pinheiro de Lima, E., 2018.** Developing criteria for performance assessment in municipal solid waste management. *Journal of Cleaner Production*, 186:748-757.
- Schulte, N., Gellenbeck, K., Nelles, M., 2017.** Operationalisation of service quality in household waste collection. *Waste Management*, 62:12–23.
- Soni, A., Patil, D., Argade, K., 2016.** Municipal solid waste management, *Procedia Environmental Sciences*, 35:119 – 126.
- Teixeira, A.C., Russo, M., Matos, C., Bentes, I., 2014.** Evaluation of operational, economic, and environmental performance of mixed and selective collection of municipal solid waste: Porto case study. *Waste Management & Research*, 32(12):1210-1218.
- Vukelic, D., Boskovic, N., Agarski, B., Radonic J., Budok, I., Pap S., Sekulic, M.T. 2018.** Eco-design of a low-cost adsorbent produced from waste cherry kernels. *Journal of Cleaner Production*, 174, 1620-1628.
- Yadav, V., Karmakar, S., Dikshit, A.K., Vanjari, S., 2016.** A feasibility study for the locations of waste transfer stations in urban centers: a case study on the city of Nashik, India. *Journal of Cleaner Production*, 126:191-205.
- Washburn B.E., 2011.** Avian use of solid waste transfer stations, *Landscape and Urban Planning*, 104:388-394.
- White, P.R, Franke, M., Hindle, P. (1990).** Integrated Solid Waste Management: A Lifecycle Inventory, sayfa 60.
- Wilson, D.C., Rodic, L., Cowing, M.J., Velis, C.A., Whiteman, A.D., Scheinberg, A., Vilches, R., Masterson, R., Stretz, J., Oelz B., 2014.** ‘Wasteaware’ benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. *Waste Management*, 35:329.342

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Burak ÖNER
Doğum Yeri ve Tarihi : BURSA 08.01.1990
Yabancı Dil : İngilizce

Eğitim Durumu

Lise : Şükrü Şankaya Anadolu Lisesi
Lisans : Anadolu Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi
Çevre Mühendisliği Bölümü

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : ORTEM TEMİZLİK A.Ş

İletişim (e-posta) : onerburak@yandex.com

Yayımları

:

Çalışkan, S., Öner, B. 2018. Sürdürülebilir ve Çevre Dostu Biyoyakıt Hammadesi: Mikroalgler. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. doi: 10.5505/pajes.2018.93992.

Öner, B., Çalışkan S., Salıhoğlu N.K. 2019. Turistik Sahil Bölgelerinde Atık Yönetimine Bir Örnek: Bodrum Örneği. *Uludağ University Journal of The Faculty of Engineering*, 24(1):207-218.

Öner, B., Çalışkan S., Salıhoğlu N.K. Sahil Bölgelerinde Evsel Nitelikli Atık Yönetimine Bir Örnek. Ulusal Çevre, Deniz ve Kıyı Kirliliği Sempozyumu, UCEDKKS 2017, Bursa.